Л·Я·ПОПИЛОВ

СОВЕТЫ ЗАВОДСКОМУ ТЕХНОЛОГУ

СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ

ЛЕНИЗДАТ · 1975

Справочное пособие содержит несколько тысяч рецептов составов технологического назначения из числа применяемых на каждом промышленном предприятии при выполнении разнообразных операций (очистка, нанесение металлопокрытий, пайка, закалка, термохимическая обработка, литье, обработка давлением, электрохимическая обработка, чистовая отделка поверхностей, защита от коррозии и т. д.). Во многих случаях рецепты сопровождаются данными о режимах их применения и свойствах исходных материалов.

Собранные в книге воедино многочисленные рецептурные сведения почти по всем видам технологии обработки материалов, рассеянные по большому числу источников, иногда труднодоступных, значительно облегчат технологам и другим специалистам выбор оптимальных для конкретных условий составов, что может способствовать повышению эффективности многих технологических операций.

Книга предназначена для технологов, работников заводских лабораторий и специалистов отделов материально-технического снабжения промышленных предприятий различных профилей. Она может быть также весьма полезна рационализаторам, изобретателям, преподавателям профтехучилищ и других технических учебных заведений.

П $\frac{30102-303}{М171(03)-75}$ 90—75

ПРЕДИСЛОВИЕ

Повседневная практическая деятельность технических руководителей производства в любой области промышленности — работников технологических отделов и служб, руководителей и специалистов общезаводских и цеховых лабораторий, начальников цехов и участков, мастеров и многих других инженерно-технических работников и новаторов производства независимо от области промышленности, в которой они заняты, — заключается в поиске оптимальных технологических решений и нахождении конкретных ответов на бесчисленное множество вопросов, ежечасно возникающих в практической деятельности цеха, участка, лаборатории, технического отдела.

Несмотря на чрезвычайное разнообразие возникающих вопросов, в первом приближении их содержание может быть сведено к нескольким общим группам, основными среди которых являются:

вопросы организации производства;

вопросы проектирования технологии и выбора оборудования;

вопросы выбора рациональных материалов технологического назначения.

Первые две группы вопросов, хотя и являются важнейшими для производства, разрешаются относительно просто благодаря наличию множества прототипов и с помощью знаний и опыта решающего их персонала, а также небольшого числа литературных источников.

Сравнительно несложно решается и значительная часть вопросов третьей группы, связанных с выбором и применением готовых материалов или полуфабрикатов, выпускаемых промышленностью, нормированных ГОСТами или ОСТами либо техническими условиями и обладающих постоянством состава и свойств, как, например, углеродистая сталь или серная кислота.

Значительно более трудоемким и сложным, как свидетельствует повседневная производственная практика, является разыскание сведений о свойствах, рецептах, особенностях приготовления и применения сложносоставных веществ и материалов, которые редко поставляются в готовом виде.

Примерами таких широко применяемых составов и продуктов могут служить: растворы для очистки, мойки, обезжиривания; электролиты для гальванического нанесения металлопокрытий; смазочно-охлаждающие жидкости для резания и обработки давлением; клеевые и герметизирующие композиции; составы, используемые в литейно-формовочной технологии; смеси для термохимической обработки; полировально-шлифовальные смеси, припои и множество других.

Как правило, большинство подобных составов приготовляется непосредственно на месте потребления, и свойства и качество готового продукта во многом зависят от правильного выбора соотношений исходных веществ и приготовления. Однако и в тех случаях, когда тот или иной продукт поставляется в готовом виде, потребителю полезно знать составы этих веществ для сознательного выбора и применения.

В то же время поиск в литературных источниках и сбор необходимых сведений о свойствах таких составов чрезвычайно трудоемок и затруднителен, и практически для большинства производственников почти невозможен.

Изложенное выше обосновывает целесообразность и желательность создания практических справочных пособий, содержащих в сводном виде некоторый минимум сведений, пользуясь которыми можно получить необходимую отправную информацию, в частности основные данные о составе, не производя длительных и сложных поисков.

Предлагаемая вниманию читателей книга является первой попыткой создать подобное справочное пособие. В ней собрано несколько тысяч рецептов различных составов, находящих применение в повседневном обиходе всех отраслей производства, связанных с обработкой материалов, и в основном приготовляемых непосредственно на предприятии.

Следует заметить, что наиболее трудной и, безусловно, не разрешенной до конца задачей, стоявшей перед автором, являлась выработка оптимальных критериев отбора и классификации данных из практически неисчерпаемого обилия сведений, предоставляемых технической периодикой и патентной литературой, а также определение круга освещаемых вопросов с точки зрения их актуальности для читателя.

Автору представилось наиболее целесообразным ограничить круг рассматриваемых вопросов основными технологическими процессами, осуществляемыми в любом металлообрабатывающем производстве на пути превращения исходной заготовки в готовое изделие. Этим определилось содержание отдельных глав и последовательность их расположения, соответствующая следующим основным разделам производства: литейное производство (включая модельное и формовочное дело) — главы I, II, III; обра-

ботка металлов резанием и обработка металлов давлением (холодная и горячая) — глава IV; размерная химическая и электрохимическая обработка — глава V; термическая и термохимическая обработка — главы VI, VII; сварка и пайка металлов — главы VIII, IX; склеивание, уплотнение, герметизация — главы X, XI; чистовая механическая и химико-механическая обработка — глава XII; очистка поверхностей заготовок и изделий от загрязнений — глава XIII; химическая и электрохимическая обработка — глава XIV; химическое нанесение покрытий — глава XV; операции с использованием охлаждающих составов — глава XVI; гальваническое нанесение металлопокрытий — глава XVII. Завершающие операции цикла изготовления машин — маркировка, окраска, контроль качества, консервация — в данной книге не нашли отражения, так как объем сведений о них чрезвычайно обширен и они требуют отдельного рассмотрения.

Также, учитывая их многовариантность, почти не приводятся данные о режимах работы и параметрах технологических процессов, за исключением тех случаев, когда значения этих параметров носят критический характер либо малоизвестны. Читателю даются, однако, необходимые библиографические указания на основные литературные источники по этим вопросам.

Полагая, что пользование материалами справочного пособия может значительно облегчить технологам выбор оптимальных составов и будет способствовать повышению эффективности и интенсификации многих технологических операций, автор считает, однако, необходимым предпослать изложению несколько замечаний.

Прежде всего — то, что пособие носит не технологический, а рецептурный характер, и его содержание рассчитано преимущественно на использование лицами, уже знакомыми с основами той или иной области технологии, к которой относятся соответствующие главы. Так, например, рецепты формовочных и стержневых смесей, противопригарных красок или кокильных обмазок приводятся в расчете на то, что ими воспользуется в первую очередь литейщик, хорошо знающий назначение подобных составов, практику их применения и основные приемы изготовления.

Точно так же рецепты электролитов для гальванопокрытий, растворов для травления и т. п. приводятся в расчете на их первоочередное использование опытным гальваником или химиком-технологом.

Аналогичные замечания относятся в равной мере ко всем главам.

Вместе с тем сказанное выше не исключает возможности пользования приводимыми данными другими лицами и для других целей, например для определения номенклатуры или расхода материалов для той или иной операции; сопоставления уровня применяемой на данном предприятии технологии с рекомендуемой; расширения кругозора в области современного материаловедения и т. д.

Следует указать также, что во многих разделах справочного пособия приводится ряд вариантов составов одинакового назначения (например, составы формовочных смесей, составы электролитов для нанесения покрытий и др.). Это обусловлено, с одной стороны, стремлением облегчить выбор рецепта, учитывающего наличие тех или иных исходных материалов, с другой — тем, что применимость того или иного состава определяется не только соотношением его компонентов, но и многими другими факторами местного значения, учет которых в общем виде невозможен.

В числе замечаний общего характера следует также упомянуть о необходимости внимательного отношения к рецептурным данным при их воспроизведении, с точки зрения точного соблюдения количественных соотношений. Отклонения в пределах нескольких процентов от приводимых величин, как правило, не имеют значения в составах, изготовляемых на материалах технической чистоты («технический продукт» по ГОСТу), и вполне допустимы, кроме особо оговариваемых случаев.

Однако источником ошибок может явиться применение исходных материалов без учета наличия в них связанной или гигроскопической воды вместо безводных или сухих, предусмотренных рецептурной прописью (и наоборот), либо применение исходных материалов одноименного названия, но без учета указаний на их качество по ГОСТу или ТУ (например, параксилол вместо ортоксилола или ферросилиций-45 вместо ферросилиция-75 и т. п.). Постоянное внимание должно быть также обращено на правильность часто проводящихся при воспроизведении рецептурных прописей пересчетов из величин массы или веса в объемные величины, и наоборот.

Для удобства читателей, желающих расширить объем своих знаний по интересующим их вопросам, в конце каждой главы указаны классификационные индексы МКИ (Международной классификации изобретений) и УДК (Универсальной десятичной классификации). Пользование индексами МКИ помогает разысканию интересующих читателя сведений по конкретному вопросу в патентной литературе, в частности в официальном бюллетене «Открытия, изобретения, промышленные образцы», а индексы УДК определяют местонахождение литературных источников при обращении в библиотеку и облегчают их получение.

Учитывая все возможное несовершенство данной книги, автор все же надеется, что и в настоящем виде она явится полезным пособием для широкого круга заводских технологов и других работников производственных предприятий.

При подборе материалов и подготовке рукописи к изданию большую помощь автору оказала канд. техн. наук Э. П. Лисовская, которой автор приносит свою глубокую благодарность.

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

(В скобках [ ] — названия и номера некоторых ГОСТов, содержащих определение термина и методы измерения применительно к различным материалам)

A—зольность (содержание золы в остатке после сгорания) в %.

[Зольность: битумы — ГОСТ 11512—65; нефтепродукты — ГОСТ 1461—59; пластмассы — ГОСТ 15973—70; 14042—68; кокс — ГОСТ 5889—67; пеки — ГОСТ 7846—73; угли активные — ГОСТ 12596—67; нитроцеллюлоза — ГОСТ 5768—51; целлюлозы — ГОСТ 6842—54; бумага — ГОСТ 7629—66.]

$a_н$ — удельная ударная вязкость в кгс·см/см²; Дж/см²; Дж/м².

[Пластмассы — ГОСТ 4647—69; 14235—69; металлы при нормальной температуре — ГОСТ 9454—60; при пониженной температуре — ГОСТ 9455—60; при повышенной температуре — ГОСТ 9456—60; ситаллы и стекло (до 900° С) — ГОСТ 11067—64; древесина слоистая клееная — ГОСТ 9626—61.]

D — плотность тока (общее обозначение) в А/см²; А/дм²; А/м².

$D_а$ — плотность тока на аноде (анодная плотность).

$D_к$ — плотность тока на катоде (катодная плотность).

E — модуль нормальной упругости (модуль Юнга).

[Пластмассы — ГОСТ 11262—68; ГОСТ 9550—71; стекло и ситаллы — ГОСТ 9900—61; древесина — ГОСТ 16483—73.]

$E_и$ — модуль упругости при изгибе.

[Древесина слоистая клееная — ГОСТ 9625—72.]

$E_р$ — модуль упругости при растяжении.

[Древесина прессованная — ГОСТ 9622—72; древесина слоистая — ГОСТ 9623—72.]

$E_{сдв}$ — модуль упругости при сдвиге.

$E_{сж}$ — модуль упругости при сжатии.

[Древесина прессованная — ГОСТ 9623—72.]

H—твердость (общее обозначение).

[Прессованная древесина — ГОСТ 13338—67; слоистая клееная древесина — ГОСТ 9627—61; лаки и краски — ГОСТ 5233—67; резина — ГОСТ 263—53 (твердомер ТМ-2); резина — ГОСТ 253—53 (твердомер ТШМ-2); ГОСТ 13331—67 (международные единицы); губчатые материалы — ГОСТ 11139—65; лакокрасочные покрытия древесины — ГОСТ 16838—71; древесина — ГОСТ 16483.17—72.]

HB — твердость по Бринелю в кгс/мм².

[Пластмассы — ГОСТ 4670—67, ГОСТ 13323—67; металлы — ГОСТ 9012—59.]

HRC — твердость по Роквеллу — шкала С (в условных единицах).

[Металлы — ГОСТ 9013—59.]

$К_{вл}$ — газопроницаемость влажной (сырой) смеси (в условных единицах).

$К_{сух}$ — газопроницаемость сухой смеси (в условных единицах).

M — модуль (общее обозначение).

pH — показатель (логарифм) концентрации водородных ионов (—lg H+); „кислотность“.

[Определение pH целлюлозы, бумаги — ГОСТ 12523—67; pH-метрические буферные растворы — ГОСТ 17227—71.]

S — площадь (общее обозначение) в мм², см², дм², м².

$S_а$ — площадь анода.

$S_к$ — площадь катода.

T — температура в К (общее обозначение).

t — температура в °С (общее обозначение).

$t_{впс}$ — температура вязкопластичного состояния в °С.

$t_{всп}$ — температура вспышки в °С.

[Нефтепродукты — ГОСТ 4333—48 (открытый тигель); 6356—52 (закрытый тигель); пластмассы (горючесть) — ГОСТ 17088—71.]

$t_{заст}$ — температура застывания.

[Нефтепродукты — ГОСТ 1533—42; ГОСТ 8513—57.]

$t_{кип}$ — температура кипения в °С.

$t_{кп}$ — температура каплепадения в °С.

[Нефтепродукты — ГОСТ 6793—53; смолы ФФ — ГОСТ 16388—70.]

$t_{пл}$ — температура плавления в °С.

[Нефтепродукты — ГОСТ 4255—48.]

$t_{раб}$ — температура рабочая в °С.

$t_{рзм}$ — температура размягчения в °С.

[Битумы — ГОСТ 11506—73; пек — ГОСТ 9950—73; огнеупоры — ГОСТ 4070—48; 4069—69; пластмассы—ГОСТ 15065—69 $Т_в$ — по Вика; ГОСТ 15089—69 $Т_м$ — по Мартенсу.]

U — напряжение (общее обозначение) в В.

$U_{пр}$ — пробивное напряжение в кВ/мм, В/м.

$U_э$ — напряжение на электродах в В.

V — скорость (общее обозначение) в м/с, см/с, м/мин.

$V_{ос}$ — скорость осаждения (например, металла при металлопокрытии) в мкм/мин, мкм/ч, мм/ч.

W — влажность, общее обозначение.

[Древесина — ГОСТ 16483.7—71; пластмассы — ГОСТ 11736—68 (содержание

воды); ГОСТ 4650—73 (водопоглощение); кокс — ГОСТ 5807—70.]

W_t — водопоглощение за время t в %, г/м².

[Пластмассы — ГОСТ 4650—73; древесина — ГОСТ 13337—67; 16483.26—72; 16483.19—72; реактивы — ГОСТ 14870—69.]

δ — толщина (глубина) — общее обозначение в мкм, мм, см.

[Толщина лаковых покрытий древесины — ГОСТ 14644—69; 13639—68; определение толщины пленок пластмасс — ГОСТ 17035—71.]

δ — относительное удлинение при растяжении в %.

[Пластмассы — ГОСТ 11262—68; металлы — ГОСТ 1497—73; ГОСТ 9651—73 (при повышенной температуре) — ГОСТ 11150—65 (при пониженной); резина — ГОСТ 268—53.]

$\delta_э$ — межэлектродный зазор.

Δl — относительное изменение длины, например линейная усадка при затвердевании в %, мкм/м, мм/м и т. д.

[Огнеупоры (линейная усадка или рост) — ГОСТ 5402—62.]

Δt — температурные пределы применения материала в °С.

$\eta_{(\ )}$ — вязкость динамическая в П, сП, Па·с, кгс·с/м²; в скобках — температура.

[Нефтепродукты — ГОСТ 6258—52; лаки бакелитовые — ГОСТ 901—71; масла — ГОСТ 1929—51; битумы — ГОСТ 11502—65; ГОСТ 11503—65.]

$\eta_а$ — анодный выход по току в %.

$\eta_к$ — катодный выход по току в %.

ν — вязкость кинематическая — отношение динамической вязкости к плотности среды в Ст, сСт, м²/с.

[Нефтепродукты — ГОСТ 33—66; ГОСТ 7163—63; смазки — ГОСТ 9127—59.]

ρ — плотность — отношение массы однородного тела к его объему в кг/м³, г/см³.

[Пластмассы — ГОСТ 15139—69; огнеупоры — ГОСТ 2211—65; нефтепродукты — ГОСТ 3900—47; древесина — ГОСТ 16483.1—70; краски — ГОСТ 6590—53; кокс — ГОСТ 10220—62; резина — ГОСТ 267—73; взрывчатые вещества — ГОСТ 14839.18—69; тяжелый бетон — ГОСТ 12730—67.]

$\rho_{об}$ — объемная масса (вес) — средняя плотность неоднородного тела.

[Пластмассы (кажущаяся плотность) — ГОСТ 409—68; насыпная плотность — ГОСТ 11035—64; сорбенты (насыпная плотность) — ГОСТ 16190—70; огнеупоры (кажущаяся плотность) — ГОСТ 2409—67; целлюлоза (объемный вес) — ГОСТ 11720—66.]

σ — напряжение механическое (общее обозначение) в кгс/мм², кгс/см²; Па, Н/м².

[Машины и приборы для испытаний — ГОСТ 14766—69; пластмассы — механические испытания — ГОСТ 14359—69; бетон — методы испытаний — ГОСТ 4800—59; бетон тяжелый — ГОСТ 10180—67; бумага — ГОСТ 7497—55; картон — ГОСТ 7627—55.]

$\sigma_в$ — предел прочности при растяжении (прочность на разрыв).

[Металлы — ГОСТ 1497—73; 9651—73; 11150—65; пластмассы — ГОСТ 11262—68; резина — ГОСТ 270—64; древесина — ГОСТ 16483.23—73; губчатая резина — ГОСТ 11721—66; латексные пленки — ГОСТ 12580—67.]

$\sigma_{в\ сух}$ — прочность на разрыв сухой формовочной смеси.

$\sigma_{изг}$ — предел прочности при изгибе (прочность на изгиб).

[Металлы — ГОСТ 14019—68; древесина — ГОСТ 16483.3—70; пластмассы — ГОСТ 4648—71; эбонит — ГОСТ 255—41.]

$\sigma_{отр}$ — сопротивление отрыву.

[Клеевые соединения — ГОСТ 14760—69; ГОСТ 15867—70.]

$\sigma_{сдв}$ — предел прочности при сдвиге (прочность на сдвиг).

[Клеевые соединения — ГОСТ 14759—69.]

$\sigma_{сж}$ — предел прочности при сжатии (прочность на сжатие).

[Пластмассы — ГОСТ 4651—68; резина — ГОСТ 265—66; 266—67; огнеупоры — ГОСТ 4071—69; древесина — ГОСТ 16483.11—72.]

$\sigma_{сж\ вл}$ — прочность на сжатие влажной (сырой) формовочной смеси.

$\sigma_{сж\ сух}$ — прочность на сжатие сухой формовочной смеси.

τ — длительность (общее обозначение) в с, мин, ч.

$\nabla(\ )$ — знак шероховатости (чистоты) поверхности, где скобки — номер класса, например ∇ 8, по ГОСТ 2789—73.

[Металлы — ГОСТ 2789—73; древесина (изделия) — ГОСТ 15612—70.]

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ

% вес. — процентов по массе, при дозировании взвешиванием

% об. — процентов по объему

ВЗ-4 — тип стандартного прибора (воронки) для определения вязкости с соплом Ø 4 мм (ГОСТ 8420-74)

вес. ч — частей по массе при дозировании взвешиванием

моль — количество вещества в граммах, численно равное его молекулярной массе

моль/л — количество молей данного вещества в литре жидкости (состава или воды)

МКК — межкристаллитная коррозия (ГОСТ 6032—58)

ПАВ — поверхностно-активные вещества

СЖК — синтетические жирные кислоты

ЖСС — жидкостекольная смесь.

Примечание. Сокращения, относящиеся к материалам лишь одной главы, приводятся в тексте соответствующей главы.

ГЛАВА I

СОСТАВЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МОДЕЛЬНОМ ДЕЛЕ

Изготовление деталей и изделий отливкой из расплавов — один из наиболее распространенных в промышленности технологических процессов — основа литейного производства. Существенным элементом литейной технологии является создание модели будущего изделия, по которой изготовляют форму, подлежащую заливке расплавленным металлом.

Изготовление литейных моделей — модельное дело — обширный раздел технологии литейного производства, имеющий свои приемы выполнения операций, свои особенности и использующий большое разнообразие материалов в различных сочетаниях.

В этой главе приводятся некоторые сведения о составах и свойствах разнообразных, преимущественно новых, композиций, применяемых в модельном деле для изготовления различных видов модельной оснастки (моделей, стержневых ящиков и др.).

Приводимые рецепты представляют лишь небольшую часть составов, имеющих практическое применение. Различные варианты возможных композиций вместо одной-двух рекомендуемых даются для того, чтобы технолог, мастер или исследователь, работающие в области модельного дела и знакомые с его основами, имели достаточный материал для выбора и отправные данные для самостоятельной разработки оптимальных составов применительно к конкретным условиям.

Собранные здесь сведения могут в определенных условиях служить также полезным справочным материалом при оперативном решении разнообразных технологических задач или при постановке опытно-исследовательских работ, избавляя специалистов от необходимости разыскания нужных сведений, разбросанных в большом числе источников.

Изготовление деталей (изделий) отливкой всегда требует наличия формы, представляющей собой точную обратную (негативную) копию будущего изделия. В свою очередь для получения формы необходимо иметь прямую копию будущей детали, называемую моделью. В редких случаях роль модели может выполнять готовая деталь (изделие), если она уже имеется.

В зависимости от материала, из которого готовят модель, и способа ее использования различают модели постоянные (многократные), используемые до естественного износа, и модели разовые (однократные), удаляемые из формы перед заливкой металла (выплавляемые, растворяемые) либо уничтожаемые в процессе заливки формы расплавленным металлом (газифицируемые).

Постоянные (многократные) модели изготовляют из древесины, металлов, пластических масс. Технология их изготовления («модельное дело») хорошо изучена и подробно освещена в литературе. Здесь приводится лишь краткий перечень некоторых (новых) модельных составов на основе синтетических смол, которые находят все более широкое применение в литейном деле при изготовлении постоянных моделей.

1. СОСТАВЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОСТОЯННОЙ МОДЕЛЬНОЙ ОСНАСТКИ ИЗ ПЛАСТМАСС

Модельная оснастка (модели, стержневые ящики) из пластических масс является наиболее прогрессивным видом оснастки, так как трудоемкость ее изготовления во много раз (5—20) ниже, чем деревянной либо металлической, а стойкость и срок службы не уступают стойкости металлических моделей.

Составы на основе фураново-эпоксидных смол. Хорошо зарекомендовали себя на практике в качестве материалов модельной оснастки композиции на основе фураново-эпоксидных смол типа 41-ФАЭД. Эти смолы дешевле и более теплостойки, чем эпоксидные смолы, обладая в то же время достоинствами последних.

Приготовление композиций, рецепты которых приводятся ниже, осуществляется в следующем порядке.

Смолу ЭД-6 подогревают до 70—80° С для расплавления и смешивают с мономером ФА. В смесь смол вливают дибутилфталат, предварительно нагретый в течение 20—30 мин при 80—85° С для удаления летучих. Повышают температуру смеси до 120° С, перемешивают ее в вакуум-смеси-

теле при давлении 500—600 мм рт. ст. и в два приема вводят в нее наполнитель, продолжая перемешивание. За 5—10 мин до заливки форм в смесь добавляют отвердитель (бензолсульфокислоту или полиэтиленполиамин) и перемешивают еще 3—5 мин. Приготовленную композицию необходимо немедленно использовать, так как она быстро затвердевает.

Наполнители, вводимые в композицию, предварительно просеивают через сито 025, сушат и прокаливают (маршалит — при 900—950° С 1—1,5 ч; графит — при 400—450° С 30—40 мин; стальную стружку и проволоку 1—1,5 ч при 500° С, из алюминиевых сплавов — 1—1,5 ч при 200° С). Бензолсульфокислоту перед введением в смесь расплавляют в сушильном шкафу при 40—45° С или растворяют в спирте либо ацетоне в соотношении 1 : 5.

В наиболее распространенных технологических вариантах изготовления моделей принята следующая последовательность процессов:

1. Изготовление первоначального образца (мастер-модели или мастер-стержня), имеющего конфигурацию будущего пластмассового изделия. Материалом мастер-модели или мастер-стержня могут служить гипс, дерево или металл.

2. Покрытие поверхности мастер-модели (стержня) разделительным составом, облегчающим ее отделение от формы после затвердевания последней.

3. Изготовление формы по мастер-модели (стержню) для изготовления модели заливкой ее гипсовым раствором (гипс+вода), песчано-силикатными смесями, пластмассовыми композициями и т. п.

4. Отделение затвердевшей формы от мастер-модели (стержня).

5. Заполнение полости формы пластмассовой композицией (составы см. ниже) или послойное нанесение этой композиции на стенки формы с установкой упрочняющих сердечников или без них.

6. Извлечение затвердевшей модели из формы.

Техника изготовления пластмассовых изделий достаточно подробно освещена в литературе. Основное различие в технологии их изготовления заключается в составе связующих смол и режиме отверждения. Наиболее распространены в качестве связующих полиэфирные, эпоксидные, фурановые смолы, их смеси и некоторые другие смолы конструкционного назначения.

Составы пластмассовых композиций для облицовочного слоя и для заливки тела моделей (вес. ч.). 1. Алюминий (порошок) — 200; дибутилфталат — 15; полиэтиленполиамин — 15; смола 41-ФАЭД-10 — 100.

После отверждения: сопротивление сжатию — $\sigma_{сж}$ = 780—800 кгс/см^2; сопротивление изгибу — $\sigma_и$ = 550—600 кгс/см^2; твердость по Бринелю НВ = 29—30 кгс/мм^2; ударная вязкость $a_н$ = 7—8 кгс·см/см^2; теплостойкость по Мартенсу — $T_м$ = 118° С.

2. Андезитовая мука — 150; дибутилфталат — 15; полиэтиленполиамин — 15; смола 41-ФАЭД-10—100; ферросилиций — 70. После отверждения: $\sigma_{сж}$ = 520—930 кгс/см^2; $\sigma_и$ = 420—440 кгс/см^2; НВ = 28,5—30 кгс/мм^2; $a_н$ = 3,3—3,5 кгс·см/см^2; $T_м$ = 112° С.

3. Алюминий (порошок) — 25; андезитовая мука — 75; дибутилфталат — 12; маршалит — 100; полиэтиленполиамин — 15; смола 41-ФАЭД-13 — 100. После отверждения: $\sigma_{сж}$ = 950—1010 кгс/см^2; $\sigma_и$ = 460—500 кгс/см^2; НВ = 29—30 кгс/мм^2; $a_н$ = 4,5—5,5 кгс·см/см^2; $T_м$ = 110° С.

4. Андезитовая мука — 100; бензолсульфокислота — 25; маршалит — 250; мономер ФА — 100. После отверждения: $\sigma_{сж}$ = 1300—1400 кгс/см^2; $\sigma_и$ = 250—320 кгс/см^2; НВ = 42—45 кгс/мм^2; $a_н$ = 3—3,5 кгс·см/см^2; $T_м$ — 250—300° С.

5. Андезитовая мука — 400; бензолсульфокислота — 25; мономер ФА — 100. После отверждения: $\sigma_{сж}$=1200—1300 кгс/см^2; $\sigma_н$ = 280—300 кгс/см^2; НВ = 35—45 кгс/мм^2; $a_н$=3—3,5 кгс·см/см^2; $T_м$ = 250° С.

6. Андезитовая мука — 70; дибутилфталат — 13; полиэтиленполиамин — 15; смола 41-ФАЭД-13 — 100; ферромарганец — 30; ферросилиций — 50. После отверждения: $\sigma_{сж}$=750—770 кгс/см^2; $\sigma_и$=380—420 кгс/см^2; НВ=33—37 кгс/мм^2; $a_н$=3,5—3,8 кгс·см/см^2; $T_м$=115° С.

7. Андезитовая мука — 400; бензолсульфокислота — 25; мономер ФА — 100; стекловолокно — 1—1,5. После отверждения: $\sigma_{сж}$ = 1300—1400 кгс/см^2; $\sigma_и$ = 300—350 кгс/см^2; НВ=34—36 кгс/мм^2; $a_н$= =3 кгс·см/см^2; $T_м$=300° С.

8. Дибутилфталат — 7; маршалит — 200; полиэтиленполиамин — 16; смола 41-ФАЭД-8—100. После отверждения: $\sigma_{сж}$= =960—1100 кгс/см^2; $\sigma_и$=350—420 кгс/см^2; НВ=28—32 кгс/мм^2; $a_н$=4,5—5,7 кгс·см/см^2; $T_м$=120° С.

9. Андезитовая мука — 30; дибутилфталат — 90; полиэтиленполиамин — 25; смола 41-ФАЭД-10—100; смола 41-ФАЭД-11—100; стекловолокно — 3; ферросилиций — 100. После отверждения: $\sigma_{сж}$=900—1000 кгс/см^2; $\sigma_и$=500—600 кгс/см^2; НВ=35—40 кгс/мм^2; $a_н$ = 6,0—7,5 кгс·см/см^2; $T_м$ = 180° С.

10. Андезитовая мука — 30; дибутилфталат — 10; полиэтиленполиамин — 20; смола 41-ФАЭД-13—100; стекловолокно—2; ферросилиций — 100. После отверждения: $\sigma_{сж}$=1000—1100 кгс/см^2; $\sigma_и$=650—750 кгс/см^2; НВ=35—40 кгс/мм^2; $a_н$=8—9 кгс·см/см^2; $T_м$=180° С.

Составы для изготовления сердечника моделей. **11.** Андезитовая мука — 250; бензолсульфокислота — 25; мономер — 100. После отверждения: $\sigma_{сж}$=1100—1200 кгс/см^2; $\sigma_и$=280—300 кгс/см^2; НВ=40—42 кгс/мм^2; $T_м$=250° С.

12. Андезитовая мука — 150; дибутилфталат — 7; опилки древесные — 30; полиэтиленполиамин — 10; смола 41-ФАЭД-10 — 100.

13. Состав для заливки дефектов при ремонте моделей. Андезитовая мука — 100; дибутилфталат — 10; маршалит — 50; полиэтиленполиамин — 15 — 25; смола 41-ФАЭД-13 — 100.

Составы для изготовления пластмассовых литейных прессформ. Фурановые мономеры и смолы используются также в качестве основы композиций для изготовления

пластмассовых прессформ, применяемых для литья и прессования пластмасс. Прессформы состоят из декоративного облицовочного слоя (14) и наполнительного слоя (15). Состав слоев (вес. ч.):

	14	15
Мономер ФА	—	100
Мономер 4ФА	200	—
Маршалит	200	250
или графит	100	100
Бензолсульфокислота	20	12—20

Облицовочный слой (14) наносится кистью и примерно через 20 мин желатинизируется. Затем на него заливается композиция наполнительного слоя (15).

Отверждение ведут по режиму: при 20° С — 48 ч, затем при 80° С — 4—5 ч, затем при 180° С — 5—10 ч. Теплостойкость отвержденной композиции — 240—260° С.

Менее хрупкие составы, также высокой теплостойкости, — для прессформ литья под давлением термопластов и прессования реактопластов — имеют в основе компаунды ЭЦФА, получаемые совмещением фурфуролацетоновых (фурановых) мономеров ФА и 4ФА с полиглицидилизоциануратной смолой ЭЦ. Составы компаундов приведены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

СОСТАВЫ КОМПАУНДОВ ДЛЯ ПРЕССФОРМ (вес. ч.)

Компоненты	Компаунды		
	16	17	18
Эпоксидная смола ЭЦ	50	50	50
Мономер ФА	50	—	50
Мономер 4ФА	—	50	—
Эпоксидная смола ЭЭТ	—	—	20
Малеиновый ангидрид	40	40	50

В эти компаунды можно вводить любые наполнители — порошки и волокно. Время желатинизации компаундов (16) и (18) — 40—50 мин при 100° С, компаунда (17) — 40—50 мин при 70° С.

Отверждение: медленный нагрев до 180° С и выдержка при этой температуре 10 ч. Разделительный слой при изготовлении матриц — 3%-ный раствор полиизобутилена в бензине. Облицовочные композиции на основе состава (17) содержат 50—120 вес. ч. графита или 200—250 вес. ч. маршалита.

Наполнительные составы на основе компаундов (16) и (18) содержат 200—300 вес. ч. алюминиевого порошка, 300—700 вес. ч. железного порошка или 200—250 вес. ч. маршалита. Пластмассовые матрицы укрепляют в металлических обоймах клеем состава: 100 вес. ч. ФА+15 вес. ч. бензолсульфокислоты.

Составы на основе стеклопластика. Для изготовления модельной оснастки, в частности стержневых ящиков, находит применение полиэфирный стеклопластик. При использовании таких стержневых ящиков чистота поверхности отливок улучшается, снижаются припуски на механическую обработку. Прочность стержневых ящиков из стеклопластика в два-три раза больше, чем деревянных, они легки и удобны в эксплуатации, негигроскопичны.

При изготовлении стержневых ящиков из полиэфирного стеклопластика армирующий материал после укладки на мастер-модель послойно пропитывается связующим.

Состав связующего (вес. ч.): смола ПН-1 — 100; отвердитель-гипериз — 3; ускоритель — 10%-ный раствор нафтената кобальта в стироле. Ускоритель и отвердитель вводятся в смолу раздельно и хорошо с ней перемешиваются.

Жизнеспособность связующего — 1,5—2 ч.; приготовляется перед употреблением.

Армирующими материалами служат: стеклоткани АСТТ(б)C_1; АСТТ(б)C_2; ткань жгутовая ТСЖ-07; стеклосетка ССТЭ-09.

Армирующие материалы сушат при 30—40° С в течение 3 сут. Перед их укладкой на деревянную мастер-модель последнюю покрывают разделительным слоем состава (вес. ч.): поливиниловый спирт (ПВС) — 100; этиловый спирт — 400; глицерин — 10; вода — 1000.

Сухой ПВС заливают водой температурой 30—40° С на сутки, затем нагревают паром до 80° С при непрерывном перемешивании до однородной массы. Охлаждают до 40—50° С и вводят этиловый спирт и глицерин. Состав наносят на деревянную модель за 3—4 ч до формования.

Последовательность формования: нанесение разделительного слоя; нанесение связующего; укладка первого слоя стеклоткани; пропитка связующим; укладка жгутовой ткани; пропитка связующим; повторение этих операций 3—5 раз до нужной толщины, затем укладка последнего слоя стеклоткани; удаление избытка связующего; полимеризация 10 ч при 20° С (или 1,5—2 ч при 80° С); съем готовой половинки ящика с модели; зачистка заусенцев; сверление отверстий; сборка половинок.

Составы на основе металлических сплавов. Наряду с применением неметаллической модельной оснастки в ряде случаев находит применение оснастка из металлов. Быстрым и технологичным является изготовление прессформ из легкоплавких сплавов. Благодаря высокой теплопроводности и возможности придания их стенкам требуемой чистоты и точности такие прессформы особенно эффективны при изготовлении в них выплавляемых или растворяемых моделей. Несколько составов сплавов, применяемых для таких прессформ, приводятся ниже.

Прессформы для выплавляемых моделей. 1 Легкоплавкий сплав (сплав Вуда): висмут — 50; кадмий — 12,5; олово — 12,5; свинец — 25. Температура плавления — $t_{пл} = 68°$ С; сопротивление разрыву $\sigma_в = 4{,}2$ кгс/мм²; твердость по Бринелю НВ=9 кгс/мм²; плотность — $\rho = 9{,}4$ г/см³.

2. Висмутосвинцовистый сплав: висмут — 55,5; свинец — 44,5. $t_{пл}=124°$ С; $\sigma_в=4,5$ кгс/мм²; НВ=10 кгс/мм²; $\rho=10,5$ г/см³.

3. Висмутооловянистый сплав: висмут — 58; олово — 42. $t_{пл}=138°$ С; $\sigma_в=5,6$ кгс/мм²; НВ=22 кгс/мм²; $\rho=8,7$ г/см³.

4. Тройной сплав: висмут — 35; олово — 35; свинец — 30. $t_{пл}=140°$ С; $\rho=9,1$ г/см³.

5. Тройной свинцовистый сплав: висмут — 15; олово — 15; свинец — 70. $t_{пл}=140°$ С; $\rho=10,1$ г/см³.

6. Свинцовосурьмяный сплав: свинец — 87; сурьма — 13. $t_{пл}=247°$ С; $\sigma_в=5$ кгс/мм²; НВ=30 кгс/мм²; $\rho=10,5$ г/см³.

7. Тройной свинцовосурьмяный сплав: олово — 33; свинец — 56; сурьма — 11. $t_{пл}=315°$ С; $\sigma_в=5,6$ кгс/мм²; $\rho=9,1$ г/см³.

8. Сплав ЦАМ-4-1: магний — 0,08—0,1; медь — 0,75—1,25; цинк — 95—96. $t_{пл}=430°$ С; $\sigma_в=24—28$ кгс/мм²; НВ=70—85 кгс/мм²; $\rho=7,1$ г/см³.

9. Алюминиевый сплав АЛ2: алюминий — 87—90; кремний — 10—13. $t_{пл}=600°$ С; $\sigma_в=10—15$ кгс/мм²; НВ=50—60 кгс/мм²; $\rho=2,7$ г/см³.

10. Алюминиевый сплав АЛ12: алюминий — 89—91; медь — 9—11. $t_{пл}=650°$ С; $\sigma_в=14$ кгс/мм²; НВ=72 кгс/мм²; $\rho=3,2$ г/см³.

2. СОСТАВЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАЗОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Составы, используемые для изготовления однократных моделей, освещаются здесь более подробно в связи с большим разнообразием входящих в них компонентов. Кроме того, приготовляются они обычно непосредственно в цеховых условиях, и технолог значительно чаще встречается с необходимостью выбора оптимального состава исходя из наличия тех или иных материалов и местных возможностей.

Различают следующие разновидности однократных моделей: выплавляемые, растворяемые и газифицируемые. Соответственно для первой разновидности применяются легкоплавкие составы, например стеарино-парафиновые смеси; для второй — водорастворимые вещества, например карбамид; при изготовлении моделей третьей группы используются пластмассы, например пенополистирол.

Составы для моделей, удаляемых из форм выплавлением. Наиболее распространены для изготовления выплавляемых моделей составы на основе различных минеральных и растительных продуктов. При этом следует иметь в виду, что бесстеариновые составы более прочны и менее дороги, чем содержащие стеарин, в связи с чем получают все более широкое применение.

Некоторые составы выплавляемых модельных масс (% вес.). **1.** Состав ПС 1 : 1: парафин — 50; стеарин — 50. $t_{кп}=45—47°$ С; $t_{впс}=42—48°$ С; $\Delta l=0,7—1,5$%; А=0,05—0,1%; $\sigma_и=18$ кгс/см²; $\sigma_в=11$ кгс/см².

2. Состав ПСЭ: парафин — 47,5; стеарин — 47,5; этилцеллюлоза — 5,0. $t_{кп}=55—60°$ С; $t_{впс}=48—52°$ С; $\Delta l=0,5—0,7$.

3. Состав ПМ30КП2: парафин — 58; буроугольный воск — 30; канифоль — 10; полиэтилен — 2. $t_{впс}=49—52°$ С; $\Delta l=0,7—0,9$.

4. Состав БПС 3-5-2: парафин — 50; буроугольный воск — 30; стеарин — 20. $t_{кп}=71,5°$ С; $t_{впс}=46—48°$ С; $\Delta l=1,3—1,6$%; А = 0,08 — 0,17%; $\sigma_и = 32$ кгс/см²; $\sigma_в = 15$ кгс/см².

5. Состав Р-2: парафин — 58; синтетический церезин — 37; кубовый остаток — 5. $t_{кп}=80—82°$ С; $t_{впс}=53—57°$ С; $\Delta l=1,05—1,4$%; А=0,1—0,15%; $\sigma_и=18—20$ кгс/см²; $\sigma_в=9—11$ кгс/см².

6. Состав Р-3: парафин — 58; буроугольный воск — 13; синтетический церезин — 24; кубовый остаток СЖК — 5. $t_{кп}=77—80°$ С; $t_{впс}=55—59°$ С; $\Delta l=1,05—1,5$; А=0,1—0,18%; $\sigma_и=25—30$ кгс/см²; $\sigma_в=12—13$ кгс/см².

7. Состав ИПЛ-55А: парафин — 50—70; буроугольный воск — 10—35; технический вазелин — 10—25. $t_{кп}=79—81°$ С; $t_{впс}=48—52°$ С; $\Delta l=0,7—1,5$%; А=0,075—0,1%; $\sigma_и=34—35$ кгс/см²; $\sigma_в=15—16$ кгс/см².

8. Состав ИПЛ-ПуС-1А: парафин — 50—70; буроугольный воск — 5—35; пушечная смазка — 5—25. $t_{кп}=78—79°$ С; $t_{впс}=48—53°$ С; $\Delta l=0,6—1,5$%; А=0,08—0,1%; $\sigma_и=32—35$ кгс/см²; $\sigma_в=14—15$ кгс/см².

9. Состав ИПЛ-СВ-1А: парафин — 40—75; буроугольный воск — 5—30; сибирский воск ОМ — 10—40. $t_{кп}=75—81°$ С; $t_{впс}=48—70°$ С; $\Delta l=0,6—1,5$%; А=0,075—0,2%; $\sigma_и=40—45$ кгс/см²; $\sigma_в=15—23$ кгс/см².

10. Состав ИПЛ-55Б: парафин — 40—70; буроугольный воск — 5—40; технический вазелин — 5—25. $t_{кп}=81—83°$ С; $t_{впс}=49—53°$ С; $\Delta l=0,7—1,5$%; А=0,1—0,2%; $\sigma_и=40—43$ кгс/см²; $\sigma_в=16—19$ кгс/см².

11. Состав ИПЛ-ПуС-1Б: парафин — 35—70; буроугольный воск — 5—40; пушечная смазка — 5—30. $t_{кп}=80—82°$ С; $t_{впс}=50—55°$ С; $\Delta l=0,6—1,5$%; А=0,1—0,2%; $\sigma_и=38—42$ кгс/см²; $\sigma_в=16—17$ кгс/см².

12. Состав ИПЛ-СВ-1Б: парафин — 20—50; буроугольный воск — 5—45; сибирский воск — 3—50.

13. Состав ИПЛ-БСВ: буроугольный воск — 20—70; сибирский воск — 30—80. $t_{кп}=73—80°$ С; $t_{впс}=55—75°$ С; $\Delta l=0,6—0,8$%; А=0,08—1,12%; $\sigma_и=28—45$ кгс/см²; $\sigma_в=13—25$ кгс/см².

Кроме перечисленных выше в практике встречаются и другие составы:

14. Состав ПБТК 60-18-15-7: буроугольный воск — 18; канифоль — 7; парафин — 60; торфяной воск — 15.

15. Состав ПБТЦ 30-30-30-10: буроугольный воск — 30; парафин — 30; торфяной воск — 30; церезин синтетический — 10.

16. Состав ПБТТр 20-50-25-5: буроугольный воск — 50; парафин — 20; торфяной воск — 25; триэтаноламин — 5.

17. Состав ПЭ 90-10: парафин — 90; полиэтилен — 10.

18. Состав КПсЦ 50-30-20: канифоль — 50; полистирол — 30; церезин — 20.

19. Составы КЦПэ 89-8-2 и 80-18-2: битум нефтяной — 0,5—0,4; канифоль — 89—80; полиэтилен — 2,2—1,6; церезин синтетический — 8,3—18.

20. Модельный состав с пониженной прилипаемостью к прессформе: буроугольный воск — 15—30; защитный воск ЗВ-1 — 3—50; парафин — до 100. (Пониженная прилипаемость к прессформе).

21. Модельный состав для выплавляемых моделей: буроугольный воск — 5—20; парафин — 50—70; стеариновый пек — 15—40. (Улучшенные технологические и физико-механические свойства).

Приготовление модельных масс. Техника приготовления выплавляемых модельных масс заключается в следующем: расплавление компонентов, их перемешивание, охлаждение до вязкопластического состояния, запрессовка в прессформу, охлаждение, извлечение отвердевшей модели. Затем по обычной технологии на поверхность модели наносят требуемой толщины формовочную смесь и выдерживают до затвердевания. Выплавление масс после отверждения нанесенной на модель формовочной смеси (оболочки) производят горячей водой (92—98° С) в течение 10—15 мин. Иногда в воду добавляют 3—5% вес. хлористого аммония для предотвращения ослабления оболочки, если смесь содержала жидкое стекло. Для более теплостойких масс применяется выплавление горячим воздухом (130—150° С). Применяются также различные способы улучшения физико-механических и технологических свойств модельных масс. Так, например, модельные составы перед запрессовкой в прессформу охлаждают до пастообразного состояния и вводят в них двухатомные или многоатомные спирты в количестве 5—15% об.

Приведенные соотношения составных частей в большинстве модельных масс, являясь оптимальными, не носят критического характера, так как состав и свойства большинства применяемых исходных материалов, даже стандартизованных, колеблются в довольно широких пределах. Так, например, практически равноценны составы типа ИПЛ-СВ, содержащие (% вес.):

Парафин	Буроугольный воск	Сибирский воск
60	17	23
60	15	25
30—40	25—35	30—40
40—75	5—30	10—40

или ИПЛ-55Б, содержащие

Парафин	Буроугольный воск	Технический вазелин
60—70	20—30	10—15
60	25	15
50	40	10
60	30	10
40—70	5—40	5—25

Составы моделей, удаляемых из форм растворением. При литье по растворяемым моделям последние изготовляются из веществ, легкорастворимых в воде, и после затвердевания формы удаляются вымыванием.

Наиболее широко применяемым материалом для растворяемых моделей является в настоящее время карбамид. Карбамид — полный амид угольной кислоты (мочевина). Технический карбамид — кристаллический порошок белого или желтого цвета, плавящийся при 130—134° С; растворим в воде.

Для изготовления моделей его расплавляют и при 143—145° С заливают в металлические, обычно разъемные, прессформы. При заливке и остывании он выделяет значительное количество газа. Усадка при затвердевании составляет 2,5—3,5%.

Применение карбамида в чистом виде для изготовления растворяемых стержней нецелесообразно из-за его гигроскопичности, быстрого затвердевания, твердости и хрупкости. Для улучшения технологических свойств и некоторого снижения температуры плавления применяют не чистый карбамид, а композиции на его основе.

Прочные жидкоподвижные составы, заливаемые при 120—130° С, практически безусадочные, приводятся ниже.

Некоторые составы для растворяемых карбамидных моделей (% вес.). 1. Борная кислота — 2; карбамид — 98.

2. Борная кислота — 2; карбамид — 90; керосин — 2; поливиниловый спирт — 6.

3. Борная кислота — 1,5; карбамид — 85—89; калий азотнокислый — 10—14.

4. Карбамид — 75; декстрин — 20; вода — 5.

5. Карбамид — 85; гуммиарабик — 10; вода — 5.

6. Карбамид — 94—96; ПВС — 4—6.

7. Карбамид — 90; олифа — 5; поливиниловый спирт — 5.

Типовая последовательность приготовления карбамидных составов включает следующие операции: просушка исходных компонентов, измельчение карбамида и сухих добавок, перемешивание дозированных компонентов, расплавление основы при 120—130° С, перемешивание и введение добавок, помещение расплава в термостат при 120—130° С и хранение до разливки в прессформы; заливка в прессформы.

Для изготовления модели прессформу подогревают до 30—35° С, протирают ветошью и смазывают разделительным составом (чистый дибутилфталат; кремнийорганические жидкости; касторовое масло с этиловым спиртом и т. д.).

Диаметр питающего отверстия в полости прессформы должен быть примерно в 3 раза больше, чем при заливке воскообразных составов. После заливки питающие отверстия накрываются стальными пластинами с уложенным поверх них грузом 100—300 кгс. Это необходимо потому, что карбамидные составы при кристаллизации расширяются. Формы (оболочки), изготовляемые на карбамидных моделях, носят обычный характер и изготовляются по обычной технологии чередующейся обсыпкой огнеупорными порошками и смачиванием гидролизованным этилсиликатом.

Растворение модели после затвердевания формы производится в горячей воде с добавкой (для ускорения) 5% азотной кислоты.

Кроме карбамидных, для изготовления растворимых моделей применяют и другие солевые составы (% вес.). Например:

1. KNO_3 — 55; $NaNO_3$ — 45.

2. $Al_2(SO_4)_3$ — 88,7; $Ni(NH_4)_2(SO_4)_2$ — 1,5; H_2O — 9,8.

3. KNO_3 — 55; $NaNO_2$ — 45.

Составы для моделей, удаляемых из форм газифицированием. Газифицируемые модели — это одна из прогрессивных разновидностей модельной оснастки. Принцип использования такой оснастки заключается в том, что модель с литниковой системой, изготовленная из пенопласта, газифицируемого нагревом материала, обычно заформовывается в песчано-глинистую (или другую) формовочную смесь и не извлекается из формы при заливке металлом. Соприкасаясь с расплавленным металлом, пенопласт испаряется (газифицируется) и освобождает полость формы для металла.

Изготовление моделей, литниковых систем, прибылей, выпоров и других элементов литейной техники из пенопласта улучшает условия заполнения формы металлом, снижает брак, трудоемкость изготовления формы, сокращает объем необходимых чертежей, упрощает разметку отливок и имеет много других технических и экономических преимуществ.

Основные требования к материалам, пригодным для изготовления газифицируемых моделей:

скорость газификации должна быть такой, чтобы расплавленный металл до начала кристаллизации успел заполнить полость формы;

температура газификации должна быть ниже температуры заливаемого металла; кроме того, должны быть обеспечены: минимальный негазифицируемый остаток; нетоксичность продуктов газификации; высокая прочность при низком объемном весе; несложная технология переработки в модель; чистая, гладкая поверхность модели; минимальная и стабильная усадка; четкое воспроизведение конфигурации рабочей поверхности при вспенивании; возможность хранения и транспортировки.

В настоящее время пенопластовые модели изготовляются в основном из жестких пенопластов, преимущественно — из пенополистирола.

В табл. 1.2 приведены сравнительные характеристики свойств и поведения нескольких пенопластов при нагреве.

Как видно из табл. 1.2, наиболее подходящим для моделей является стирольный пенопласт.

При использовании пенопласта с равномерной мелкоячеистой структурой чистота поверхности отливки получается вполне удовлетворительной. Для повышения чистоты поверхности пенопластовую модель можно покрывать тонким слоем воска, оклеивать папиросной бумагой, наносить противопригарные краски и т. д.

При серийном изготовлении однотипных пенопластовых моделей из гранул (бисера суспензионного полистирола) они предварительно вспениваются в воде при t=96—98° С, затем, после выдержки на воздухе, вспененные гранулы засыпаются в металлические формы, в которых вспениваются окончательно — нагревом паром, ТВЧ или кипящей водой. Единичные модели могут изготовляться механической обработкой плит пенополистирола и склеиванием отдельных элементов, например клеем № 61.

Таблица 1.2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЗИФИЦИРУЕМЫХ ПЕНОПЛАСТОВ

Характеристики	Тип и марка пенопласта		
	стирольный ПС-Б „А"	полиуретановый ПУ	фенольно-резольный ФРП-1
Температура, °С			
деполимеризации	120	190	140
испарения	320	230	400
горения	560	580	780
Негазифицируемый остаток, %	0,015	24	44
Удельное газовыделение при 1000°С, см³/г	105	730	600
Длительность горения, с	10—20	30—40	65—100

Для повышения чистоты поверхности отливок и точности геометрических размеров на пенопластовые модели наносят глянцевый слой из полимермономерных композиций с низким (5—8%) содержанием летучих. Для этой цели внутреннюю поверхность формы покрывают с помощью кисти или пульверизатора тонким (0,2—0,5 мм) слоем так называемого форполимера, который при последующем нагреве затвердевает в результате полимеризации.

Форполимер готовится из двух мономеров: метилметакрилата и стирола в соотношении 9 : 1 с добавлением 2—4% дибутилфталата, растворенного в смеси мономеров перед форполимеризацией, которая ведется в присутствии перекиси бензоила. Этот процесс осуществляют на водяной бане или в автоклаве при $t = 80°$ С в течение 2 ч с последующим охлаждением до получения необходимой вязкости. Охлаждение производится, например, опусканием емкости с горячим сиропом в холодную, лучше проточную, воду температурой не выше 30° С.

Жизнеспособность готового сиропа — 5—6 ч и зависит от степени освещенности и температуры воздуха в помещении.

После создания слоя на рабочей поверхности формы ее можно заполнять предварительно вспененным пенобисерным полистиролом и вести окончательное вспенивание при температуре примерно 110° С, например в автоклаве. В процессе термообработки вспененный полистирол в форме хорошо приваривается к стирольно-акриловой плакировочной пленке, чем обеспечивается глянцевый слой на пенополистирольной модели любой сложности и размеров.

Для получения пенополистироловой модели, полностью сгорающей в процессе заливки формы расплавленным металлом, модель после извлечения из прессформы обрабатывают кислородом при давлении 0,5—1,1 кгс/см².

Некоторые индексы **МКИ**, которыми сведения гл. I классифицируются в патентной литературе:

Класс В 22	Литейное производство
Подкласс В 22*с*	Изготовление литейных форм
Группа 3/00	Составы для покрытия поверхности литейных форм, стержней или моделей
Группа 7/00	Модели: способы и устройства для изготовления моделей, не отнесенные к другим классам
7/02	разовые модели
7/04	модельные плиты
7/06	стержневые ящики

Некоторые индексы **УДК**, которыми сведения гл. I классифицируются в печатных изданиях:

621.74	Литейное производство в целом
621.74.045	Литье по выплавляемым моделям
621.743.073	Стержневые ящики
621.744.072.2	Модели

ГЛАВА II

ФОРМОВОЧНО-СТЕРЖНЕВЫЕ СОСТАВЫ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Приготовление литейных форм и стержней — один из наиболее важных и массовых участков литейного производства. От качества формы в стержня в значительной степени зависит качество готовой отливки.

Специфика технологии и технико-экономические факторы обусловили в этой области весьма большое разнообразие составов и используемых материалов. Многие из этих составов — одинакового назначения, в той или иной мере взаимозаменяемы и представляют собой местные варианты типовых (базовых) составов, рецептура которых теоретически достаточно обоснована.

Приведенный ниже материал содержит значительное количество относительно близких вариантов составов смесей. Это дает технологу достаточный материал для сравнения и отправные данные для самостоятельного выбора оптимальных составов смесей применительно к местным условиям.

Материал подобран в предположении, что читатель этого раздела уже имеет общие представления о технологии литейного производства.

Сокращении и условные обозначения в тексте главы II:

ПЭПА — полиэтиленполиамин
п.п.п. — потери при прокаливании
ССБ — сульфитно-спиртовая барда
K — газопроницаемость
M — модуль жидкого стекла (отношение $SiO_2:Na_2O$)
W — влажность
α — коэффициент линейного расширения
ρ_{20} — плотность при 20° С
$\sigma_{ср}$ — сопротивление срезу (прочность на срез)
$\sigma_{уд}$ — удельная прочность, отнесенная к содержанию связующего в %. Размерность $\left[\frac{кгс/см^2}{\%}\right]$
$\tau_{отв}$ — длительность отверждения

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

Чрезвычайное разнообразие составов формовочных и стержневых смесей затрудняет создание их единой рациональной классификации. Для большей наглядности и практического удобства мы принимаем для содержания этой главы классификацию по двум признакам: по химической природе связующего (органическое, неорганическое) и по характеру затвердевания (без нагрева, с внешним нагревом, под действием внешних реагентов, за счет внутренних реакций). В табл. 2.1 перечислены основные группы составов, распределенные в соответствии с принятой классификацией.

Таблица 2.1

ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ ФОРМОВОЧНО-СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ ПО ХАРАКТЕРУ ТВЕРДЕНИЯ

Смеси с органическими связующими	Смеси с неорганическими связующими
I. Нетвердеющие	
	Сухие (без связующего) засыпки при литье по газифицируемым моделям
	Песчано-глинистые для сырых форм и стержней
II. Твердеющие при нагреве внешним источником тепла	
Песчаные и песчано-глинистые с органическими высыхающими или полимеризующимися связующими	Песчано-глинистые для сухих форм и стержней
Песчано-смоляные смеси для оболочковых форм	Пластичные жидкостекольные для форм и стержней, затвердевающие при тепловой сушке
Песчано-смоляные стержневые, твердеющие в нагретой оснастке	Керамические оболочки и стержни для Шоу-процесса или литья по выплавляемым либо газифицируемым моделям
С огнеупорными наполнителями из органических высыхающих или полимеризующихся связующих	
Углеродные (графитовые) из тех же связующих	
III. Твердеющие в газовой среде	
Песчано-смоляные, твердеющие на холоде под действием газообразных агентов	Жидкостекольные, твердеющие при продувке углекислым газом. Известковые, твердеющие при продувке углекислым газом

Продолжение табл. 2.1

Смеси с органическими связующими	Смеси с неорганическими связующими
IV. Твердеющие без воздействия внешних агентов (тепла и реагентов) — „самотвердеющие"	
Пластичные песчано-смоляные холодного отверждения с добавками отвердителей	Жидкие (наливные) на жидком стекле. Цементные или гипсовые — жидкие
Жидкие (наливные) на связующем из синтетических смол с отвердителями	Экзотермические на жидком стекле с активными добавками
Жидкие (наливные) на сульфитно-спиртовой барде (ССБ) с хромовым отвердителем	Наливные на жидком стекле с феррохромовым шлаком или другими отвердителями. Пластичные самотвердеющие того же состава

Таблица 2.2

ОБОЗНАЧЕНИЯ ФОРМОВОЧНЫХ ПЕСКОВ ПО ЗЕРНОВОМУ СОСТАВУ

Наименование песка	Группа	Номера сит * смежных размеров, на которых остаются зерна основной фракции **
Грубый	063	1; 063; 04
Очень крупный	04	063; 04; 0315
Крупный	0315	04; 0315; 02
Средний	02	0315; 02; 016
Мелкий	016	02; 016; 01
Очень мелкий	01	016; 01; 0063
Тонкий	0063	01; 0063; 05
Пылевидный	005	0063; 005; тазик

* Номер сита определяется по ГОСТ 3584—73 размером стороны ячейки сетки в мм.

** При остатке основной фракции на верхнем сите большем, чем на нижнем, песок относят к категории А, при большем остатке на нижнем сите, чем на верхнем,— к категории Б.

Таблица 2.3

ОБОЗНАЧЕНИЯ ФОРМОВОЧНЫХ ПЕСКОВ ПО СОДЕРЖАНИЮ ГЛИНИСТОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ

Наименование песка	Класс	Содержание, в %: глинистой составляющей	Содержание, в %: кремнезема
Кварцевый	1К	До 2	97
„	2К	2	96
„	3К	2	94
„	4К	2	90
Кварцево-полевошпатовый	КП	2	—
Тощий	Т	2—10	—
Полужирный	П	10—20	—
Жирный	Ж	20—30	—
Очень жирный	ОЖ	30—50	—

Учитывая, что во всех последующих таблицах применяются стандартизованные обозначения основного наполнителя, которым обычно служат минеральные материалы заданной зернистости (пески, порошки минералов и т. д.), приводим расшифровку основных обозначений, используемых для характеристики этих материалов. Обозначения формовочных песков, использованные в гл. II (ГОСТ 2138—74), являются общепринятыми (табл. 2.2, 2.3 и 2.4).

Таблица 2.4

НЕКОТОРЫЕ НАЗНАЧЕНИЯ ФОРМОВОЧНЫХ ПЕСКОВ

Назначение песков	Марки песков по ГОСТ 2138—56
Изготовление сырых * форм для чугунного литья массой отливок, в кг:	
до 20	П016А; П01А; К016А
до 200	П02А; П016А; К02А; К016А
до 2000	П02А; Т04А; К016Б; К02А
Изготовление сырых форм для стального литья массой отливок, в кг:	
до 500	К02А; К016Б
до 5000	К02А; К016А
Для стержневых смесей при стальном литье	К02А; К016А
Для сырых или сухих форм при литье:	
из бронзы и латуни	П016А; П01А
из алюминиевых сплавов	П016А; П01А
Для стержневых смесей при цветном литье	К02А
Для мелких отливок с особо чистой поверхностью	П0063А

* В литературе и технологической документации по литейно-формовочной технологии встречаются термины „формование по-сухому (по-сырому)", „литье по-сухому (по-сырому)" и другие. Нами приняты как наиболее точные термины „сырая форма" и „сухая форма".

Марка песка с концентрированной зерновой структурой (основной остаток на трех смежных ситах) имеет на первом месте класс (1К), на втором — группу зернистости (0315), на третьем — категорию (А). Полное обозначение в этом примере 1К0315А.

Пески с рассредоточенной структурой (остаток на 4—5 смежных ситах) маркируются КРК (крупнозернистые), КРС (среднезернистые), КРМ (мелкозернистые), КРО (с общей рассредоточенностью). Соответственно они должны иметь не менее 60% зерен на ситах 04, 0315, 02 для КРК; 0315, 02, 016 для КРС; 02, 016, 01 для КРМ; менее 60% на любых трех смежных ситах для КРО. Примеры обозначений: 02КРСА, 02КРСБ и т. д.

1.2. СВЯЗУЮЩИЕ ДЛЯ СМЕСЕЙ

Практически любая формовочная или стержневая смесь, кроме порошкообразных наполнителей (песка, шамотного порошка), свободно засыпаемых при литье по газифицируемым моделям, представляет собой

композицию, в которой отдельные частицы (зерна) объединяются в относительно прочный конгломерат тем или иным веществом, обладающим адгезией к ним и достаточной собственной прочностью. В простейшем случае роль связующего играют природные глинистые вещества, имеющиеся в составе исходного сырья (глинистая составляющая) или вводимые специально (глина, бентонит).

Смеси из глинистых связующих, старейшие из применяемых в литейном производстве, и сейчас еще составляют значительную долю всех формовочных материалов. Однако наличие у них ряда недостатков стимулировало разработку более эффективных связующих, которые применяются вместо глин или в качестве добавки, повышающей прочность смеси.

Введение в песчано-глинистые смеси небольших количеств веществ (связующих), способных затвердевать при высыхании или нагреве, позволяет значительно повысить прочность смесей и улучшить их технологические свойства. В качестве связующих применяется много различных веществ как неорганического (цемент, жидкое стекло, алюмофосфаты, оксинитраты и др.), так и органического (природные, искусственные и синтетические клеи, масла и смолы) характера.

Приводим некоторые сведения о природе и свойствах некоторых связующих (крепителей), применяемых в формовочных и стержневых смесях.

Коптильный препарат (ВТУ 770—57). Растворимые смолы, продукт термолиза древесины.

Крепитель стержневой ГТФ (ГОСТ 5339—50). Тяжелая фракция генеральной сланцевой смолы. Получается термической переработкой эстонских сланцев. $\rho = 1{,}01—1{,}03$ г/см³; $\sigma_{в\ сух} = 5{,}6$ кгс/см².

Крепитель ДП (ГОСТ 8890—58). Смесь древесного пека (70—75%) и глины формовочной (25—30%). Связующее для стержней III класса сложности и некоторых стержней II класса; противопригарное средство для сырых форм при чугунном и стальном литье.

Крепитель ЗИЛ (% вес.). Битум — 25; сланцевая смола — 55; уайт-спирит—20.

Крепитель К (МРТУ 6—14—63—68). Смола мочевиноформальдегидная— продукт конденсации мочевины и формальдегида, модифицированная виниловыми производными. pH=7—8. Сухого вещества — 48—52%. Вязкость по ВЗ-4 при 20° С — 12—30 с.

Крепитель ККС. Стержневой крепитель ККС представляет собой 60—65%-ный раствор в органическом растворителе отходов от рафинации хлопкового соапстока. Отходы содержат от 12 до 35% жирных кислот, преимущественно линолевой и олеиновой, и 35—40% нефтепродуктов (дизельного топлива ДЛ). Крепитель ККС — маслянистая жидкость темно-коричневого или черного цвета. $\rho = 0{,}9—0{,}95$ г/см³; вязкость по ВЗ-4 — 60—200 с. Смесь, состоящая из песка К020 с 2% крепителя ККС и 2% сульфитно-спиртовой барды, имеет $\sigma_{сж\ вл} = 0{,}048—0{,}06$ кгс/см², $\sigma_{в\ сух} > 12$ кгс/см². Применение ККС повышает производительность при изготовлении стержней и снижает брак отливок.

Крепитель КО. Кубовые остатки синтетических жирных кислот глубокой химической переработки смесей парафиновых углеводородов. Однородная темно-коричневая жидкость. $\rho_{20} = 0{,}84—0{,}87$ г/см³; $\sigma_{в\ сух} = 8$ кгс/см² при 2% в смеси (сушка при $t = 130—140°$ С); $\sigma_{уд} = 4\ \frac{кгс/см^2}{\%}$. Хорошо сочетается с ССБ и глиной. Для стержней I, II, III и IV классов сложности, а также смесей для пескодувных и пескострельных машин.

Крепитель КО служит также составной частью сложных крепителей. Так, с целью повышения связующей способности литейных крепителей предлагается вводить в их состав КО или продукт термообработки СЖК и адгезионную присадку — продукт конденсации полиэтиленполиамина (ПЭПА) и окисленной фракции СЖК. Состав такого крепителя (% вес.): КО — 35—55; адгезионная присадка — 0,1—15; растворитель — 14,9—55.

В эту композицию добавляется 0—15% асфальтосмолистых веществ — для понижения температуры застывания и повышения связующей способности крепителя.

Примеры конкретных составов приводятся ниже.

1. Сложный крепитель (% вес.). Крепитель КО — 51; адгезионная присадка — 0,25; остальное — растворитель (смесь углеводородов, являющаяся остатком выделения узких бензиновых фракций). Состав смеси: песок марки К02Б — 98%; 2% сложного крепителя и 2% воды (сверх 100%); сушка при 240° С — 45 мин; $\sigma_{в\ сух} = 11—12$ кгс/см², вместо 5—7 кгс/см² для крепителя без присадки.

2. Сложный крепитель (% вес.). КО, обработанный при повышенной температуре в токе газа, — 46.5; асфальтосмолистые вещества — 4,5; адгезионная присадка — 2; остальное — растворитель. Смесь после сушки при 240° С 45 мин имеет $\sigma_{в\ сух} = 16—18$ кгс/см², вместо 8—11 кгс/см² для крепителя без присадки. Сложный крепитель применим для стержней всех классов сложности при чугунном, стальном и цветном фасонном литье.

3. Крепители П, ПТ, ПТА (ГОСТ 5506—58). Составы на основе окисленного петролатума (% вес.). П — битум — 13, петролатум окисленный — 32, уайт-спирит—55. $\rho = 0{,}82—0{,}88$ г/см³; $t_{заст} < -12°$ С; $\sigma_{в\ сух} > 9$ кгс/см² (сушка при $t = 200—240°$ С); $\sigma_{уд} = 4{,}5\ \frac{кгс/см^2}{\%}$. ПТ — раствор окисленного петролатума и таллового масла в бензине БР. $\rho = 0{,}86—0{,}90$ г/см³; $t_{заст} < -12°$ С; $\sigma_{в\ сух} = 10$ кгс/см². ПТА — раствор окисленного петролатума, обработанного аммиаком, и таллового масла в бензине БР. $\rho = 0{,}82—0{,}85$ г/см³; $t_{заст} < -12°$ С; $\sigma_{в\ сух} > 12$ кгс/см². П, ПТ и ПТА — для стержней при чугунном, стальном и цветном литье.

4. Крепители СБ (ГОСТ 8830—58):

	СБ-1	СБ-2	СБ-3
Сланцевая смола ГТФ, % вес.	14—20	20—25	25—30
Сульфитно-спиртовая барда, % вес.	80—85	85—80	70—75
Скорость отверждения не более, мин.	45	70	240
$\sigma_{в\ сух}$, кгс/см², не менее	5	6	7

5. Крепитель СКТ-10 (% вес.). Хлопковый гудрон (госсиполовая смола) — 70; уайт-спирит — 30. σ=2,5 кгс/см² при содержании 1% (сушка при t=210—220° С). Хорошо сочетается с ССБ. Заменяет масляные крепители и декстрин.

6. Крепитель СЛК (% вес.). Лакэтиноль — 50; сланцевая смола — 50.

7. Крепитель КТ (ГОСТ 5270—60). Глинисто-сульфитная эмульсия торфяного или бурого пека. Состав (% вес.): глина формовочная — 17—20; пек торфяиой или буроугольный — 45—50; сульфитно-спиртовая барда (ρ=1,24—1,27 г/см³) — 30—35.

Глина с коллоидальностью не ниже 70 для марки КТ-1 и не ниже 35 для марки КТ-2. Пек с $t_{рзм}$=40—70° С. $\sigma_{в\ сух}$ стандартной смеси для КТ-1>15 кгс/см², для КТ-2>9 кгс/см². Применяется для стержней II, III, IV классов сложности и как противопригарное средство для сухих и сырых форм при чугунном и стальном литье.

8. Крепитель НАК. Смолообразные отходы при производстве акрилонитрила. 50%-ный раствор; ρ=1,16—1,20 г/см³.

9. Крепитель ММ-2-1 (вес. ч.). Малеиновая кислота — 29; мочевина техническая — 15. Смесь кипятят 10—12 ч при 100° С. Концентрация малеиновой кислоты в исходном растворе — 10—20%. Плотность готового продукта ρ=1,16—1,18 г/см³. Сухого вещества — 30—31%.

10. Крепитель ОХМ (отработанное хлопковое масло). Стержни негигроскопичиы, легко выбиваются. $\sigma_{в\ сух}$=22 кгс/см² при 3% крепителя.

11. Крепитель ПС-1 (58% фенольного пека, 30% фенолформальдегидной смолы № 18, 12% уротропина). Связующее в песчано-смоляных смесях для изготовления прессуемых оболочковых форм, твердеющих прн нагреве.

12. Крепитель СМ-1. 16,6%-ный раствор технической мочевины в сульфитно-спиртовой барде. Заменитель крепителя ПТ.

13. Крепитель СП (ГОСТ 8830—58). Состав (% вес.): петролатум окисленный — 5—7; сульфитная барда (ρ=1,27 г/см³) — 95—93. Отверждение — не более 45 мин при 18—20° С; $\sigma_{в\ сух}$ — не менее 5 кгс/см² (сушка при t=180—200° С); $\sigma_{уд}=1{,}0\frac{кгс/см^2}{\%}$.

14. Крепитель УСК-1 (универсальный, синтетический) (ВТУ 27/24 — 88—65). Полноценный заменитель крепителей ПГ, П, КО. Изготовляется из отходов переработки сернистых восточных нефтей. УСК-1 — однородная масляиистая жидкость, плотность 0,85—0,92 г/см³, вязкость ° ВУ=2,7—4,0. Состав (% вес.): асфальт — 5; полимеризат кубовых остатков СЖК — 45—50; растворитель — 40—50. Для стержней всех классов сложности, при всех способах изготовления, для литья из чугуна, стали, цветных сплавов. Высокая прочность, хорошая выбиваемость. Хорошо сочетается с ССБ. Может заменять крепители П, ПТ, СПТ, КО, ГТФ и др.

15. Крепитель 4ГУ для стержней (ГОСТ 5506—58). Состав (% вес.): канифоль — 25; растительное масло — 25; уайт-спирит — 50. 4ГУ (п) — на полувысыхающих маслах; 4ГУ (в) — на высыхающих. $\sigma_{в\ сух}$ для (п)>4,5 кгс/см², для (в)>>6,5 кгс/см².

16. Крепитель 4ГВ для стержней (ГОСТ 5506—58). (% вес.): битум — 25; растительное масло — 25; уайт-спирит — 50.

17. Мономер ФА (МРТУ 6—05—945—64). Фурфуролацетоновая смола—продукт взаимодействия фурфурола с ацетеном. ρ=1,09—1,17 г/см³; pH — не менее 4. Растворяется в ацетоие. С 3% бензолсульфокислоты полимеризуется не дольше 90 с при 15—19° С. Полнмеризуется на холоде и при нагреве. Катализаторы — бензол- или толуолсульфокислоты. Применяется в смесях для оболочковых форм, твердеющих при нагреве.

18. Олифа натуральная (ГОСТ 7931—56). Продукт обработки льняного или конопляного масла с введением сиккативов. Сорта: льняная полимеризованная (ρ>0,935 г/см³), льняная окисленная (ρ>0,938 г/см³), конопляная окисленная (ρ>0,930 г/см³). Высыхание «от пыли» при 18—22° С и φ=60—70% для всех марок не более 12 ч, полное — не более 24 ч.

19. Олифа-оксоль (ГОСТ 190—68). Продукт окисления растительных масел с последующим введеиием сиккатива и разбавлением уайт-спиритом. Марки: В — льняная; СМ — смесь льняного и конопляного масел с подсолнечным; ПВ — из подсолнечного, соевого, рыжикового и других масел. Содержание пленкообразующего — 54,5—55%. $t_{всп}$ — не ниже 32° С.

20. Патока (ГОСТ 5194—68). Крахмальная — отход в производстве сахара.

21. Пек каменноугольный (ГОСТ 1038—65). Продукт переработки каменноугольной смолы. Среднңй с $t_{рзм}$, ° С: (А) — 65—75; (Б) — 75—83; высокотемпературный с $t_{рзм}$, ° С: 135—150.

22. Петролатум (ГОСТ 4096—62). Смесь парафинов и церезинов с остаточным маслом, получаемая при депарафинизации нефти. Марки: ПК — сернокислый; ПС — селективный и ПСс — селективный сернистый. Температура каплепадения $t_{кп}$ всех марок — не ниже 55° С. $t_{всп}$, ° С, не ниже: ПК — 350; ПС — 240; ПСс — 230.

23. Петролатум для литейного производства (МРТУ 12М № 107—64). Смесь высокомолекулярных твердых углеводородов с маслом, получаемая при депарафинизации масел. Марка ПДС — дистиллятный; ПОС — остаточный.

24. Петролатум окисленный (МРТУ 12Н—64—63). Продукт окисления петролатума воздухом в присутствии перманганата калия или двуокиси марганца. Хорошо растворяется в уайт-спирите.

25. Поливиниловый спирт ПВС (ГОСТ 10779—69). Продукт щелочного омыления поливинилацетата. Выпускается в виде порошка пяти марок (ПВС-1, ..., ПВС-5). pH раствора — 5—8. Растворим в воде. Вязкость 4%-ного раствора, сП: ПВС-1 — 6—9; ПВС-2 — 9,1—12; ПВС-3 — 12,1—17; ПВС-4 — 17,1—25; ПВС-5 — 17,1—25. Для ажурных, сложных стержней с большим количеством каркасов; для стержней низкой газотворности с затрудненной выбивкой.

ПВС является одним из полноценных заменителей масляных связующих для изготовления формовочных стержней любой сложности. Применяется ПВС в виде водных растворов оптимальной концентрации 12%.

Примерный состав стержневой смеси на ПВС (% вес.): песок 1К02А или Б-99 или песок П006А — I, раствор ПВС — 5 (сверх 100%). Смесь имеет предел прочности на сжатие всырую $\sigma_{сж\ вл}$=0,048—0,05 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=13—16 кгс/м²; газопроницаемость — 140; влажность — 4,2—4,4%. Стержни сушат при 230° С 20—60 мин. Газотворность стержней — 5—7 см³/г.

Отмечается, что смеси, содержащие в качестве основы огнеупорный наполнитель, например кварцевый песок, и 10%-ный водный раствор ПВС в количестве 3—5% вес., имеют недостаточную прочность в сухом состоянии, повышенную гигроскопичность и требуют значительного времени на затвердевание.

Для снижения гигроскопичности, повышения скорости затвердевания, механической прочности в сухом состоянии и термической стойкости стержней в состав смеси вводят 10%-ный водный раствор неорганической кислоты — 0,2—0,6% вес. и водорастворимую термореактивную смолу — 0,01—1% вес.

Неорганическая кислота вводится как непосредственно в наполнитель, например кварцевый песок, перед введением в него водного раствора ПВС, так и вместе с водным раствором ПВС. Наиболее рационально в составах смеси применять неорганические кислоты: HCl, H_2SO_4, H_3PO_4.

Аналогичный эффект достигается введением в раствор ПВС поликарбоновых кислот в виде водных растворов, например, 50%-ный раствор винной кислоты, 30%-ный малеиновой и 10%-ный щавелевой.

Пример состава стержневой смеси повышенной прочности (% вес.). Вода—до 0,5; кварцевый песок—94,3—96,95; 10%-ный ПВС — 3—5; 50%-ный раствор винной кислоты — 0,05—0,1, или 30%-ный раствор малеиновой — 0,15—0,2, или 10%-ный щавелевой — 0,15—0,2; ССБ — до 0,5. Смесь обладает пониженной гигроскопичностью, повышенной прочностью и термостойкостью.

Водорастворимые термореактивные смолы вводят в смесь совместно с водным раствором ПВС. Взамен этих смол могут использоваться полупродукты их получения. Так, применяются феноломочевиноформальдегидная и феноломеламиноформальдегидная смолы; указанные смолы, модифицированные фуриловым спиртом; полупродукты получения смол — фенолоспирты, формальдегид, мочевина и их производные. Эти вещества способствуют еще более быстрому отверждению смеси и вводятся в нее также вместе с водным раствором ПВС. В состав смеси может также добавляться сульфитно-спиртовая барда.

26. Связующее ВР-1 (МРТУ 6—05—1208—69). Водорастворимая фенолформальдегидная смола резольного типа, конденсированная в присутствии едкого натра. Сухой остаток — не менее 40%. Свободного фенола — не более 6%. Для форм и стержней по горячей оснастке, обычных стержней I класса сложности, оболочковых форм и стержней.

27. Связующее КВС (ГОСТ 9006—62). К эффективным безмасляным связующим, прошедшим длительную практическую проверку, относится связующее КВС — «кислая вода», получаемая на газогенераторных станциях древесного топлива или установках для перегонки древесины и упаренная до требуемой плотности. КВС — водный раствор веществ органической природы (углевод левоглюкозан, кальциевые соли оксикислот, свободные оксикислоты, их лактоны, этиленгликоль и другие соединения). КВС особенно эффективен при изготовлении чугунного и цветного литья.

Твердение КВС при нагреве происходит как за счет процессов высыхания, так и вследствие химических превращений отдельных составляющих (окисление и полимеризация).

28. Связующее КО. Термореактивная карбамидно-формальдегидная смола без свободного формальдегида. Сухого вещества — 65—70%. Вязкость по Вз-4 30—150 с; pH=7—8; ρ=1,23—1,27 г/см³. Растворима в воде. Катализаторы отверждения — фосфорная и сульфоновая кислоты и хлорное железо с фосфорной кислотой.

29. Связующее ПБ (ГОСТ 3552—63) (пульвербакелит). Тонко измельченная смесь твердой новолачной фенолформальдегидной смолы 121 с уротропином (7,4%). $\sigma_{в\ сух}$ стандартных образцов на электрокорунде — не менее 130 кгс/см².

30. Связующее ПК-104 (пульвербакелит — ПБ) (ГОСТ 13507—68). Измельченная смесь твердой новолачной фенолформальдегидной смолы 104 с уротропином (7,4—8%). $\sigma_{в\ сух}$ стандартной смеси на люберецком песке — не менее 48 кгс/см². Для горячего плакирования песка, при изготовлении оболочковых форм.

31. Связующее ФФ-1С. Фенолформальдегидная смола, модифицированная фуриловым спиртом с добавкой стабилизатора — этилового спирта. Для стержней I и II классов сложности, оболочковых форм и стержней. ρ=1,06—1,10 г/см³.

32. Смолы КФ-40, КФ-90. Продукты конденсации формальдегида с мочевиной, модифицированные фуриловым спиртом. Рекомендуется следующее содержание фурилового спирта в смоле: при изготовлении форм для алюминиевых отливок — 20—

25%; форм для тонкостенных отливок из серого чугуна — 35—50% и форм для литья из ковкого чугуна и стали — до 60%.

33. Смола М-19-62 (ГОСТ 14231—69). Продукт поликонденсации мочевины с формальдегидом. Содержание сухого вещества в смеси марки А — не менее 60%, марки Б — не менее 65%. Вязкость по Вз-1 при 20° С для марок А и Б соответственно 20—50 и 40—80 с при выпуске и 300 и 450 с после 60 сут хранения при 20° С; рН=7,5—9,0. Хорошо растворяется в воде.

34. Смола М-56. Мочевиноформальдегидная смола.

35. Смола МФ (МРТУ 6—05—1006—66). Карбамидная смола. Продукт конденсации мочевины с формальдегидом, стабилизированный аммиаком. Сухого вещества — не менее 65%. Вязкость при 20° С по Вз-1 — не выше 35—100 с при выпуске и 600 с после 60 сут хранения; рН=7—8,5. Применяется для стержневых смесей, твердеющих в горячей оснастке.

36. Смола МФ-17 (МРТУ 6—05—1006—66). Продукт конденсации мочевины и формальдегида, пластифицированный диэтиленгликолем или триэтиленгликолем, стабилизирован аммиаком. Сухого вещества — не менее 70%. Вязкость при 20° С по Вз-1 — 40—100 с при выпуске и не более 400 с после 60 сут хранения; рН=7,5—9,0. Отверждается растворами хлористого аммония, щавелевой кислоты.

37. Смолы ФАЭД (МРТУ 59—15—69). Фурфуролацетонэпоксидная термореактивная смола. Выпускается марок ФАЭД-8, -10, -11, -13, различающихся соотношением мономера ФА и эпоксидной смолы, а также по вязкости. Отверждается полиэтиленполиаминами или гексаметилендиамином на холоде или при нагреве. Растворяется в ацетоне и ароматических углеводородах.

38. Смола ФЛ-2 (СТУ 110221—258—64). Фуриловая смола. Получается поликонденсацией фурилового спирта. Вязкость по Вз-4 при 20° С — не более 350 с.

39. Смола ФМ-2 (МРТУ 59—13—69). Фурановая смола. Продукт конденсации фенолоспиртов с фурфуролом в присутствии катализатора — малеинового ангидрида и стабилизатора — диэтиленгликоля или этиленгликоля. Связующее для форм и стержней, необратимо полимеризующееся при нагреве с отвердителем (кислым катализатором). Сухого вещества>60%. $\sigma_{в\ сух}$ смеси — 12 кгс/см². Желатинизация при 150° С за 200 с (не более).

40. Смола Ф8-1. Фурилофенолформальдегидная смола.

41. Смола УКС (ГОСТ 14231—69). Мочевиноформальдегидная смола. Продукт поликонденсации мочевины с формальдегидом. Сухого вещества не менее 64% в марке А и не менее 67% в марке Б. Вязкость по Вз-4 при 20° С 40—200 с после выпуска и не выше 600 с после 90 сут хранения при 20° С. Время отверждения при 100° С — 45—80 с. Хорошо смешивается с водой.

42. Сульфитно-спиртовая барда ССБ (ГОСТ 8518—57). Кальциевые соли лигносульфоновых кислот с примесью редуцирующих и минеральных веществ — побочные продукты в производстве целлюлозы при обработке древесины бисульфитом кальция.

КБП (ЛКБП) — литейный концентрат ССБ в порошке. Более 87% сухого остатка; КБЖ (ЛКБЖ) — литейный концентрат ССБ жидкий. ρ=1,25—1,30 г/см³. Более 50% сухого остатка; КБТ (ЛКБТ) — литейный концентрат ССБ твердый. ρ=1,4 г/см³. Более 76% сухого остатка; рН растворов — 5—7; $\sigma_{в\ сух}$ стандартных смесей — 5 кгс/см². При содержании 5,6% и сушке при 160—180° С $\sigma_{в\ сух}$=1,6 кгс/см².

43. Фенолоспирты (МРТУ 6—05—1164—69). Растворимые в воде первичные продукты поликонденсации фенола с формальдегидом, получаемые при избытке формальдегида в щелочном катализаторе. Сухой остаток — не менее 50%. Свободного фенола — не более 9%. Применяются для смесей, твердеющих в горячей оснастке. Катализатор — щавелевая кислота.

2. СОСТАВЫ ФОРМОВОЧНО-СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ С ОРГАНИЧЕСКИМ СВЯЗУЮЩИМ, ТВЕРДЕЮЩИХ ПРИ НАГРЕВЕ

Общим для этой группы составов, наиболее многочисленных по разнообразию вариантов, является то, что для придания форме требуемых свойств (прочности, газопроницаемости и т. д.) ее необходимо подвергнуть нагреву той или иной длительности. При этом в зависимости от вида связующего происходит его отвердевание за счет высыхания, или полимеризации, или окисления и других химических превращений, результатом которых является повышение прочности смеси.

Рекомендуемая последовательность смешивания материалов при изготовлении формовочных и стержневых смесей: кварцевый песок, молотый кварц и оборотную смесь в течение примерно 2 мин смешивают с водой. Затем добавляют глину (каолинит, бентонит) и мешают еще около 2 мин. Вводят декстрин, крахмал и тому подобные добавки и перемешивают 3 мин. Добавляют связующие (масла, смолы) и перемешивают 2 мин. В последнюю очередь вводят в смесь добавки — молотый уголь, древесные опилки.

2.1. ПЕСЧАНЫЕ И ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫЕ СМЕСИ НА БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИХ СВЯЗУЮЩИХ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНО-ПОДСУШИВАЕМЫХ ФОРМ

Для изготовления средних и крупных чугунных отливок повышенной чистоты и точности применяют поверхностно-подсушиваемые формы, облицовочная смесь в которых содержит связующие, быстро твердеющие при сушке. Ниже приводится несколько составов облицовочных смесей этого типа (% вес.):

1. Для отливок средней сложности массой до 1 т. Глина — 3—5; кварцевый

песок К0315А — 60; отработанная смесь — 35; связующее КТ — 2—3. W=6—8%; $K_{вл}$=60; $\sigma_{сж\ вл}$=0,35—0,45 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=1,5—2 кгс/см².

2. Для особо сложных отливок массой 1—2 т. Глина — 3; древесные опилки — 8; кварцевый песок К02А — 57; отработанная смесь — 36; связующее КТ — 2. W=4,5—6%; $K_{вл}$=70; $\sigma_{сж\ вл}$=0,27—0,35 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=2,5 кгс/см².

3. Для сложных отливок массой до 3 т. Кварцевый песок К02А — 50; отработанная смесь — 45; связующее (СП, СБ) — 3,5. W=3,5%; $K_{вл}$=160; $\sigma_{сж\ вл}$=0,3—0,35 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=3,5 кгс/см².

4. Для отливок средней сложности массой 3—5 т. Жидкое стекло — 2,5; каменный уголь — 5; кварцевый песок К02А — 80—75; едкий натр (10%-ный раствор) — 0,75—1,0; отработанная смесь — 15—20. W=4—5%; $K_{вл}$=70; $\sigma_{сж\ вл}$=0,2—0,3 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=8 кгс/см².

5. Для сложных отливок массой до 3—5 т. Глина — 5—3; жидкое стекло — 5,5; каменный уголь — 5; кварцевый песок К02А—90—92; мазут—0,5; NaOH (10%-ный раствор) — 0,75—1,0. W=2,4—3%; $K_{вл}$=150; $\sigma_{сж\ вл}$=0,15—0,3 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=7—12 кгс/см².

2.2. ПЕСЧАНЫЕ И ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫЕ СТЕРЖНЕВЫЕ СМЕСИ НА СВЯЗУЮЩИХ, ТВЕРДЕЮЩИХ ПРИ ТЕПЛОВОЙ СУШКЕ

Смеси для стержней, твердеющие при нагревании (тепловой сушке), широко используются, в частности, при изготовлении стержней механизированно в массовом и крупносерийном производстве, с помощью одного из наиболее прогрессивных типов оборудования — пескодувных машин.

Недостатками смесей тепловой сушки является длительность процесса (2—4 ч в печи), невысокая точность полученных стержней, деформирующихся при извлечении из ящика и транспортировке, недостаточно высокая прочность.

Ниже приводятся составы стержневых смесей тепловой сушки.

Смеси для механизированного изготовления стержней I—III классов сложности при производстве чугунного литья (% вес.; связующее — сверх 100%). 1. Смесь, уплотняемая в закрытых ящиках, для отливок из серого чугуна: кварцевый песок 2К0315Б — 50; 3К01А — 34; стержневые отходы — 15; крепитель СПТ — 3—3,5; ССБ — 2. W = 2—3,2%; $K_{вл}$>80; $\sigma_{сж\ вл}$ — до 0,07 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=10—14 кгс/см².

2. Смесь, формуемая пескодувно в закрытых ящиках для отливок из серого или ковкого чугуна. Кварцевый песок 2К0315Б—68; 3К01А — 16; стержневые отходы — 16; крепитель СПТ — 2,5; ССБ — 2,0. W=1 — 3,2%; $K_{вл}$ > 80; $\sigma_{сж\ вл}$ — до 0,07 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=6—10 кгс/см².

3. Смесь, формуемая пескодувно, для отливок из ковкого чугуна. Кварцевый песок — 2К0315Б — 50; 3К01А — 50; крепитель СПТ — 2; ССБ — 2. W = 1—3,2%; $K_{вл}$ >80; $\sigma_{сж\ вл}$ — до 0,07 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=4—6 кгс/см².

4. Смесь, формуемая пескодувно в закрытых ящиках, для отливок из серого чугуна. Кварцевый песок 2К0315Б — 50; 3К01А — 34; стержневые отходы — 16; крепитель СПТ — 2,5; ССБ — 2. W=2—3,2%; $K_{вл}$>80; $\sigma_{сж\ вл}$=0,07—0,1 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=7—10 кгс/см².

Типовые составы смесей для стержней при производстве чугунных и стальных отливок (% вес.; связующие — сверх 100%). 1. Для стержней I класса сложности. Кварцевый песок (глинистая составляющая — до 2) — 100; связующее (П, ПТ, ПТН, СПТ, КО, пульвербакелит и т. п.)— 1—1,5. W=1—3%; $K_{вл}$=130; $\sigma_{сж\ вл}$=0,03—0,06 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=7—10 кгс/см².

2. Для стержней II класса сложности:

Кварцевый песок	100—97	100—97
Глина	0—3	0—3
(Общее содержание глины	3—5	2—5)
Связующее: П, ПТ, ПТА, СПТ, КО, ПБ и др.	2—3	—
ГТФ, СЛК, БК, ДП	—	3—4
Сульфитная барда	2—3	2—3
W, %	2—4	2—4
$K_{вл}$	100	100
$\sigma_{сж\ вл}$, кгс/см²	0,05—0,1	0,05—0,1
$\sigma_{в\ сух}$, кгс/см²	5—7	5—7

3. Для стержней III класса сложности:

Кварцевый песок	100—96	97—96
Глина	0—4	3—4
(Общее содержание глины	3—6	3—6)
Древесный пек	3—6	—
Связующее: П, ПТ, ПТА, СПТ, КО, ПБ и др.	—	2—3
Сульфитная барда	1—3	2—3
W, %	3—4	2—4
$K_{вл}$	100	100
$\sigma_{сж\ вл}$, кгс/см²	0,1—0,16	0,1—0,16
$\sigma_{в\ сух}$, кгс/см²	3,5—6,0	3,5—6,0

4. Для стержней IV и V классов сложности

	А	Б
Кварцевый песок	93—55	72—38
Глина	7—5	8—2
Оборотная смесь	0—40	20—60
(Общее содержание глины	5—7	7—10)
Древесные опилки	0,2	0,3
Сульфитная барда	2—3	0,3
W, %	4,5—5,5	5—6
$K_{вл}$	70	70
$\sigma_{сж\ вл}$, кгс/см²	0,15—0,25	0,2—0,35
$\sigma_{в\ сух}$, кгс/см²	2—3	0,8—1,5

А — класс IV; Б — класс V.

Смеси для стержней I и II классов сложности (% вес., связующее — сверх 100%):

1. Кварцевый песок 1К02Б	96—96,5	97
Бентонит	3—3,5	3
Сульфитная барда	2,6—3,0	2,5
Карбамид	0,5	—
Пульвербакелит	0,5	0,5
Аморфный графит	0,5	—
W, %	2,3—2,6	2,3—2,5
$K_{вл}$	119—138	142—146
$\sigma_{сж\ вл}$, кгс/см²	0,14—0,15	0,17—0,19
$\sigma_{в\ сух}$, кгс/см²	8,8—11,2	6,2—7
2. Кварцевый песок 1К02Б	97	96
Бентонит	3	3,2
Сульфитная барда	2,5	3,0
Карбамид	0,5	0,5
Шамот молотый	—	0,3
Пульвербакелит	0,5	0,5
Аморфный графит	—	0,5
W, %	2,2—2,5	2,2—2,6
$K_{вл}$	119—138	119—138
$\sigma_{сж\ вл}$, кгс/см²	0,14—0,17	0,11—0,14
$\sigma_{в\ сух}$, кгс/см²	7,8—8,5	9,0
3. Вода	2	2
Бентонит Б-3	4	6
Карбамид	1	1
Кварцевый песок 1К02Б	54—56	92
Опилки древесные	2	2
Отработанная смесь	40—30	—
Связующее КБТ (ρ=1,3)	5	5
W, %	4	4
$K_{вл}$	119	205
$\sigma_{сж\ вл}$, кгс/см²	0,22	0,17
$\sigma_{в\ сух}$, кгс/см²	5,5—7	8—13

4. Вода — 1; бентонит Б-3 — 2—1; карбамид — 0,5; кварцевый песок 1К02Б—98—99; связующее КБТ (ρ=1,3) — 2,5. W=4%; $K_{вл}$=205; $\sigma_{сж\ вл}$=0,08—0,16 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=8—13 кгс/см².

5 Смеси для пескострельного изготовления стержней (ССБ, ПТ, талловое масло и вода — сверх 100%):

Песок кварцевый	95	91,5
Глина	5	6
ССБ (ρ=1,25)	6,5	3,0
Крепитель ДП	—	2,5
Крепитель ПТ	1,5	—
Талловое масло	—	0,8
Вода	—	1,5
W, %	3,2—3,6	4—5,5
$K_{вл}$	110	70
$\sigma_{сж\ вл}$, кгс/см²	0,20—0,25	0,3—0,35
$\sigma_{в\ сух}$, кгс/см²	8—12	3—5

Типовые составы стержневых смесей при литье медных сплавов (% вес., связующее — сверх 100%). 1. Для стержней I класса сложности. Кварцевый песок 1К02А — 100; связующее группы А1—0,6—1,2 W=2—3%; $K_{вл}$=120; $\sigma_{сж\ вл}$=0,03—0,06 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=5—8 кгс/см².

2. Для стержней II класса сложности. Кварцевый песок 1К02А — 100; связующее М — 1,0—1,25; декстрин — 0,2—0,3. W=3—4,5%; $K_{вл}\geqslant$100; $\sigma_{сж\ вл}$=0,04—0,06 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=7—20 кгс/см².

3. Для стержней IV — V классов сложности.

Кварцевый песок П01	20	20
Кварцевый песок 1К02А	70	70
Связующее группы А2	1,5—2,5	—
ССБ	—	2
W, %	3—4	До 3
$K_{вл}$	90	14
$\sigma_{сж\ вл}$, кгс/см²	—	0,1—0,2
$\sigma_{в\ сух}$, кгс/см²	—	6—15

Типовые составы стержневых смесей при литье алюминиевых и магниевых сплавов (% вес.). Для магниевых сплавов в смесь вводят 0,3—1% серы или до 5% борной кислоты.

Для стержней I класса сложности:

1. Кварцевый песок 1К02А — 100; связующее М — 0,9—1,5.

2. Кварцевый песок К025 — 100; связующее М, М2 — 1,0—1,5; пектиновый клей — 0,5—1,5; уайт-спирит или керосин — 0,25.

3. Кварцевый песок К025 — 97—95; раствор ПВС (10—12%-ный) — 3,5; пылевидный кварц — 3—5.

4. Кварцевый песок К025 — 1,5—2,0; пектиновый клей — 0,5—1,0; керосин или уайт-спирит — 0,25.

Для составов (1)—(4): W=2,5—5%; $K_{вл}\geqslant$ 100; $\sigma_{сж\ вл}$=0,03—0,07 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=8—12 кгс/см².

Для стержней II класса сложности:

1. Кварцевый песок 1К02А	95—97	95—97
Кварцевый песок 1К016А	5—3	5—3
Связующее М	1,5—2,0	2—4

2. Кварцевый песок К025 — 98—90; кварцевый песок П016 или П0063 — 2—10; крепитель 4ГУ, 4ГР — 1—5; связующее М, М2 — 1,5—3; пектиновый клей — 0,5—2,0; уайт-спирит или керосин — 0,3.

3. Кварцевый песок К025—80—70; кварцевый песок К010 — 20—30; крепитель 4ГУ, 4ГР — 1—5; связующее М, М2 — 1,5—3,0; пектиновый клей — 0,5—2,0; уайт-спирит или керосин — 0,3.

Для составов (1) — (3): W=2—5%; $K_{вл}$>80; $\sigma_{сж\ вл}$=0,06—0,15 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=4—12 кгс/см².

Для стержней III класса сложности:

1. Кварцевый песок 1К02А — 95—97; кварцевый песок 1К016А — 3—5; связующее БМ — 1,5—3.

2. Кварцевый песок К025	48—45	70—50
Кварцевый песок П016 или П0063	2,0—5	—
Связующее М, М2	1,5—2	1,5—2
Пектиновый клей	1,5—2,5	1,0—1,5
Стержневые отходы	50	30—50
Уайт-спирит или керосин	0,3	0,3

Для составов (1)—(2): W=2—6%; $K_{вл}$>45; $\sigma_{сж\ вл}$=0,06—0,15 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=4—12 кгс/см².

3. Для стержней IV класса сложности. Кварцевый песок 1К02А — 46—47; кварцевый песок 1К016А — 4—3; оборотная смесь — 50; крепитель СБ — 1,5—3,0; W=4%; $K_{вл}$>70; $\sigma_{сж\ вл}$=0,15—0,25 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=1—3 кгс/см².

Таблица 2.5

ТЕМПЕРАТУРА СУШКИ СТЕРЖНЕЙ

Связующее	4ГУ	П, ПТ, КО	М, М2, декстрин	ЛКБЖ	ПВС
Температура сушки, °С	200—230	220—240	180—200	180—220	200—220

Формовочные и стержневые смеси различного назначения (% вес.): 1. Единые смеси для форм при чугунном литье:

	А	Б
Оборотная смесь	89,2—94,7	89,7—95,6
Кварцевый песок К02Б, К0315	4,0—8	4,3—7,8
Глина монтмориллонитовая	0,4—0,8	0,5—1
Асбестовая крошка (сорт VI)	0,5—1	—
Льняные очесы (костра)	—	0,5—1,5
Древесный пек или битум	0,4—1	—
Крепитель ГТФ или КО	—	0,25—0,5
Сода кальцинированная	3% от веса глины	
Контакт Петрова	—	0,01
Вода	5,5—6,5	5,5—6,5
W, %	4,5—5,5	4,5—5,5
$\sigma_{сж\ вл}$, кгс/см²	0,75—0,85	0,65—0,75
$\sigma_{в\ сух}$, кгс/см²	0,045—0,07	0,045—0,07
$K_{вл}$	100	100

2. Составы облицовочной смеси для форм при чугунном литье:

	А	Б	В
Кварцевый песок К02 А или Б	30	15	62
Оборотная смесь	68	75	30
Глина монтмориллонитовая	2—3	4	4—5
Уголь молотый	—	6—8	—
Сульфитная барда	—	—	0,5
Крепитель КТ	—	—	1,5—2,0

3. Состав для стержней сложных форм, изготовляемых пескострельно. Асбестовая крошка 7-370—0,86; кварцевый песок К02—65,2; крепитель П — 3,37; маршалит—5,95; олифа натуральная — 0,74; ССБ — 1,88; хромомагнезит (порошок) — 22.

Сухие компоненты смешивают в бегунах 10 мин, добавляют воду и сульфитную барду, перемешивают 5 мин, добавляют олифу, перемешивают 2 мин, вводят крепитель П и перемешивают еще 3 мин.

4. Смесь для сложных стержней низкой газотворности. Кварцевый песок 1К02 А или Б — 97; связующее ВР-1—1,5; ССБ—1,5. $\sigma_{сж\ вл}$ = 0,025—0,035 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$ = 6,5 кгс/см².

5. Смесь для литейных стержней и форм (вес. ч.). Кварцевый песок — 95—105; связующее (смола — продукт термолиза лигнина и целлолигнина) — 3,5—4,5; цинк хлористый (40—50%-ный раствор) — 0,07—1,6. (Повышенная живучесть и улучшенные условия труда).

6. Быстротвердеющие смеси для стержней при изготовлении стальных отливок. *Средние и мелкие стержни*: кварцевый песок — 65,7; оборотная смесь — 32,8; асбестовая крошка (хризотил) — 1,5. Сверх 100%: крепитель КВС — 3,5; ССБ — 1,5; мазут — 1. W=1,5%; $K_{вл}$ > 150; $\sigma_{сж\ вл}$=0,15—0,20 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=5—9 кгс/см². *Крупные стержни*: кварцевый песок — 97; асбестовая крошка — 3. Сверх 100% : крепитель КВС — 3,5; ССБ — 1,75; мазут — 1. W = 1,5%; $K_{вл}$ >150; $\sigma_{сж\ вл}$ = 0,10—0,15 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=8—12 кгс/см². Сушка 30 мин при 180—200° С.

7. Стержневая смесь пониженной токсичности (% вес.). Вода — 2—4; глина формовочная (сверх 100%) — 3—6; кварцевый песок — 94—97; связующее ММ-2-1—1—3. $\sigma_{сж\ вл}$=0,2—0,8 кгс/см²; $\sigma_{сж\ сух}$=10—12 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=5—6,8 кгс/см²; K_c=150; Сушка 1 ч при 150° С.

8. Смесь пониженной влажности для форм при литье серого чугуна (отливки до 500 кг). Оборотная полусухая смесь—73,2; кварцевый песок — 25; бентонит — 1,5; смола — 0,3. Сверх 100%: патока — 2,5; вода — 1,2. W=2,2—2,3%; $K_{вл}$=90—100; $\sigma_{сж\ вл}$=0,4—0,5 кгс/см².

9. Смесь для форм при чугунном литье. Асбестовая крошка — 13,8—15,0; бентонит — 4,6—5,5; вода (сверх 100%)—4,2—4,8; кварцевый песок—77,0—79,4; ССБ—2,2—2,5.

Формовочные смеси в производстве крупных сложных отливок с повышенной чистотой поверхности из жаропрочных и высоколегированных сталей (вес. ч.):

1. Цирконовый концентрат	100	72
Кварцевый песок 1К02Б	—	28
Сверх 100%: глина	2,6	2,6
ССБ	2,3	2,9
Крепитель КВС	2,5	3,7
W, %	1,8—2,2	2,3—2,6
$K_{вл}$	40	50
$\sigma_{сж\ вл}$, кгс/см²	0,12—0,15	0,16—0,20
$\sigma_{в\ сух}$, кгс/см² (после термообработки)	>15	>15

2. Цирконовый концентрат	72	72
Кварцевый песок 1К02Б	28	28
Глина	—	2,6
Жидкое стекло	5,8	5,8
Вода	0,6	0,6
W, %	2,8—3,2	2,6—3
$K_{вл}$	50	50
$\sigma_{сж\ вл}$, кгс/см²	0,03—0,05	0,16—0,20
$\sigma_в$ после продувки CO_2, кгс/см²	3	2
После термической обработки	—	25

3. Для крупных стальных отливок (до 5000 кг). Порошок хромомагнезитовый—100; ССБ — 0,75—3,0. W=5—6%; $K_{вл}$= =50—70; $\sigma_{сж\ вл}$=0,2—0,3 кгс/см².

4. Для особо крупных и тяжелых отливок (более 5000 кг). Хромистый железняк—100; жидкое стекло — 7,5. W=5—6%.

5. Для крупных отливок из легированной стали. Цирконовый песок — 100; глина — 2,5; крепитель СБ — 2—3. W=3—5%; $K_{вл}$=40—130; $\sigma_{сж\ вл}$=0,3—0,45 кгс/см².

2.3. ПЕСЧАНО-СМОЛЯНЫЕ СМЕСИ ДЛЯ ОБОЛОЧКОВЫХ ФОРМ

Формы-оболочки для мелких и средних отливок изготовляют из песчано-смоляных смесей [например, песок+пульвербакелит (ПБ) 4—9%], насыпаемых на металлическую модельную плиту, нагретую до 300—350° С. В слое, прилегающем к плите, смола расплавляется, обволакивает зерна песка и частично затвердевает. Избыток смеси с нерасплавившейся смолой удаляют, а оболочку вместе с модельной плитой помещают в печь, где при 300—350° С происходит окончательное затвердевание смолы. Для улучшения свойств смеси в нее вводят увлажнители (керосин, мазут, фурфурол, стеарин) и растворители (ацетон). Ниже приводятся составы некоторых смесей для оболочковых форм (% вес.):

1. Для чугунных и стальных отливок массой до 15 кг. Песок 1К01А — 100; ПБ — 6; фурфурол — 1,1 или ацетон — 1,8.

2. Для отливок массой более 15 кг. Песок 1К02А — 50; песок 1К01А — 50; ПБ — 6; фурфурол — 1,0 или ацетон — 1,6.

3. Для алюминиевых отливок с невысокой чистотой поверхности. Кварцевый песок 1К01А — 100; ПБ — 5; керосин — 0,3 или фурфурол 1,0 или ацетон — 1,2.

4. Для отливок с повышенной чистотой поверхности. Кварцевый песок 1К02Б — 30—50; 1К063А — 70—50; ПБ — 6; керосин — 0,4 или фурфурол — 1,2 или ацетон — 1,4.

В смесь для отливок из магниевых сплавов добавляют порошок серы (серный цвет) или флотационный колчедан — 10% от массы песка.

5—9. Для литья алюминиево-магниевых сплавов (% вес.)

	5	6	7	8	9
Песок кварцевый К010 (А или Б)	100	70—50	100	—	—
Песок цирконовый	—	—	—	100	100
Песок кварцевый К025 (А или Б)	—	30—40	—	—	—
ПБ	—	—	2—3	—	1,5—2
Смола 180	5—10	5—10	—	3,5—5	—
Уротропин	0,2—0,4	0,2—0,4	—	0,15—0,2	—
Стеарат калия	0,01	0,01	—	0,01	—

Смеси лучшего качества получаются при предварительном покрытии частиц песка пленкой смолы — плакировании. Различают: холодное плакирование без добавок растворителя, горячее плакирование, холодное плакирование с малыми добавками растворителя.

Холодное плакирование. Порошок смолы (например, пульвербакелит) растворяют в ацетоне, затем вводят раствор в песок в процессе приготовления смеси в бегунах. При перемешивании продувают воздухом для более быстрого испарения растворителя.

Наилучший результат дает холодное плакирование с малыми добавками растворителя. При этом просеянный песок загружают в смеситель и при перемешивании в течение 2 мин вводят 0,8—1,2% фурфурола, затем порошок ПБ и перемешивают 8—10 мин. После загрузки ПБ смесь продувают воздухом. По выгрузке смесь размельчают и просеивают.

Горячее плакирование. Песок нагревают до 130—140° С и смешивают с порошком смолы (например, новолачной № 18), которая без катализатора не способна полимеризоваться и переходить в необратимое состояние. После перемешивания около 10 мин смола расплавляется и обволакивает песчинки. При температуре 80—90° С в смесь вводят катализатор — водный раствор уротропина, перемешивают еще 5 мин и выгружают смесь при температуре не выше 50° С. Средний состав смеси (% вес.): песок кварцевый — 94,5; смола — 4; уротропин — 0,5.

2.4. ПЕСЧАНО-СМОЛЯНЫЕ СТЕРЖНЕВЫЕ СМЕСИ, ТВЕРДЕЮЩИЕ В НАГРЕТОЙ ОСНАСТКЕ ИЛИ САМОТВЕРДЕЮЩИЕ БЕЗ НАГРЕВА

Смеси для стержней, быстро твердеющие при нагревании, получают все более широкое применение благодаря способно-

сти обеспечивать необходимую точность стержней различной сложности, высокую производительность, хорошую выбиваемость и высокие физико-механические свойства. Связующим в этих смесях служат быстро твердеющие при нагреве составы (гидросил, ССБ, силикопек и др.) или синтетические смолы (фенолформальдегидные, фурановые и др.). Наполнителем является кварцевый песок.

Используют два варианта приготовления песчано-смоляных смесей:

1. Предварительно наносят смолы на зерна песка и формуют стержни из плакированной смеси при давлении и нагреве.

2. Вводят растворы фурановых смол в смесь и формуют стержни из влажной массы.

Затвердевание стержней из плакированных смесей длится 1,5—2 мин, а из фурановых (влажных) смесей — 10—20 с.

Находит также применение введение катализаторов, ускоряющих твердение, а иногда обеспечивающих отвердевание без нагрева (в холодном ящике).

Для плакирования песка при изготовлении оболочковых стержней в нагретых ящиках широко используется связующее ПК-104 (ГОСТ 13507—68), представляющее собой измельченную смесь фенолформальдегидной смолы с уротропином. Введение небольших количеств растворителей (2% ацетона или 1,5—2% эфироальдегидной фракции) предотвращает расслаивание.

Затвердевание смесей на смолах М-56, М-60, УКС и т. п. протекает при температуре 240° С. Для смол ВР-1 оптимальная температура 220° С, допустима 240—260° С.

Смеси с фенолоспиртами твердеют при 220—260° С за 1—3 мин; смеси на фурановых связующих (ФФ-1С и др.) твердеют за 5—10 с при 230—240° С.

При формовании стержней в нагретых ящиках рекомендуется применять разделительный состав в виде 3%-ного раствора кремнийорганического каучука СКТ в уайт-спирите. Раствор наносится пульверизатором на подогретую до 80—100° С поверхность стержневого ящика и подсушивается 10—15 мин. Последующие нанесения раствора проводятся при рабочей температуре. Термостойкость пленки — выше 300° С. Покрытие производится один раз для 20—50 стержней.

Многие составы формовочных и стержневых смесей, имеющие в качестве связующих различные смолы (мочевиноформальдегидные, фурановые и др.), способны в присутствии катализатора отвердевать и без подогрева (в холодную), хотя длительность отвердевания при этом больше, чем при нагреве, а прочность отвердевшей массы несколько ниже. Таким образом, ряд песчано-смоляных составов, приведенных в данном разделе, может быть использован и при отвердевании с нагревом и при отвердевании на холоде.

Например, смеси с фурановыми смолами, имеющие в качестве катализатора фосфорную кислоту ($\rho = 1{,}5$ г/см^3) и наполнителя — чистый кварцевый песок, затвердевают при следующих температурах:

Температура, °С	5—10	10—15	15—20	20—25	25—30
Содержание кислоты, %	1,1—1,3	0,9—1,1	0,6—0,9	0,4—0,6	0,4

Твердеют на холоду также смеси, содержащие карбамидную смолу И-19-62 (ГОСТ 14231—69) и фуриловый спирт (ТУ 59—17—69) в отношении 1 : 0,7 по весу или 4 : 3 по объему, а также смеси, содержащие связующее КО.

Твердеющая на холоду стержневая смесь для алюминиевых сплавов (% вес.). Катализатор — 0,8—1,0; кварцевый песок 1К02Б — до 100; связующее КО — 2—2,5. t=20—30° С. Перемешивание после каждой добавки 2—3 мин. Разъем ящиков — через 5—30 мин. Отверждение на воздухе 3—6 ч. W=0,9—1,4%; K=120—150; $\sigma_{сж\ вл}$=0,04—0,05 кгс/см^2; $\sigma_{в\ сух}$=8—12 кгс/см^2.

Песчано-смоляные стержневые смеси (вес. ч.). 1. Катализатор[1] — 2—5; кварцевый песок — 1К02 А или Б — 100; смола М-56 или УКС — 2,5—3. $\sigma_{сж\ вл}$= =0,04—0,05 кгс/см^2; $\sigma_{в\ сух}$=20—27 кгс/см^2.

2. Кварцевый песок 1К02 А или Б — 100; связующее ВР-1 — 2,5—4. $\sigma_{сж\ вл}$= =0,03—0,04 кгс/см^2; $\sigma_{в\ сух}$=16—25 кгс/см^2.

3. Мочевина — 0,2—0,3; кварцевый песок 1К02 А или Б — 100; фенолоспирт — 2—4. $\sigma_{сж\ вл}$=0,03—0,06 кгс/см^2; $\sigma_{в\ сух}$=12—20 кгс/см^2.

4. Катализатор[1] — 5—7; кварцевый песок 1К02 А или Б — 100; связующее ФФ-1С — 2,5—3,5. $\sigma_{сж\ вл}$ = 0,03—0,04 кгс/см^2; $\sigma_{в\ сух}$ = 22—27 кгс/см^2.

5. Катализатор (10%-ная соляная кислота) — 0,15—0,2; кварцевый песок 1К02 А или Б — 100; смола ФФ-1СМ — 3—4.

6. Кварцевый песок 1К02 А или Б — 100; мазут — 0,2—0,4; гидросил — 4—6. $\sigma_{сж\ вл}$= =0,03—0,05 кгс/см^2; $\sigma_{в\ сух}$=22—27 кгс/см^2.

7. Бензолсульфокислота (70%-ная) — 0,5—0,7; кварцевый песок 1К02 А или Б — 100; связующее 11-1Ф — 2,5—3. $\sigma_{сж\ вл}$= =0,03—0,05 кгс/см^2; $\sigma_{в\ сух}$=6—14 кгс/см^2.

8. Кварцевый песок 1К02 А или Б—100; связующее (М-19—62+фуриловый спирт)— 1,7—2; фосфорная кислота — 1—1,5. $\sigma_{сж\ вл}$= =0,03—0,05 кгс/см^2; $\sigma_{в\ сух}$=6—14 кгс/см^2.

9. Кварцевый песок К016Б — 100; смола ФФ-1СМ — 2,8—3,0; 60%-ная бензолсульфокислота в контакте Петрова 1,0—1,8 или смола КФ-90—2,5—3,0; фосфорная кислота — 0,75—1,8 или смола ОФ-1—2,0—2,5; (бензолсульфокислота (водный раствор) — 0,6—2,0. $\sigma_{сж}$ через 30—60 мин — 1,5—2,5 кгс/см^2, через 3—4 ч — 8—12 кгс/см^2, через 24 ч — 24—34 кгс/см^2.

Смесь для пескострельного изготовления стержней сложной конфигурации в горячих ящиках (% вес.). Кварцевый песок — 100; смесь крепителей (50% ВР15+50% НАК)—

[1] В % от связующего.

2,5—4; перемешивание — 4—5 мин. Заполнение в нагретые до 250—280° С ящики, спекание в печи — 4—6 мин при 400—450° С. Части стержней склеивают клеем (% вес.): жидкое стекло — 40; маршалит — 60. Диаметр стержней — 150—400 мм, масса — до 45 кг.

Для стержней, твердеющих в горячих ящиках (% вес.). 1. Кварцевый песок К02 или К016 — 100; фенолоспирт — 4; катализатор — 0,4. W=1,5—2%; $K_{вл}$>100; $\sigma_{сж\ вл}$=0,03—0,05 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=15—20 кгс/см².

2. Кварцевый песок — 100; эмульсия МФ (2 ч. смолы + 1 ч. воды) — 4,0; хлористый аммоний — 0,4 (от веса смолы).

3. Кварцевый песок — 100; гипс строительный — 1,5; ССБ (с 16% карбамида от массы ССБ) — 4,0.

Облицовочная смесь для форм и стержней при стальном литье (% вес.). Вода — до 30; пылевидный огнеупорный наполнитель — до 100; растворитель — до 40; сажа белая — до 2; связующее ПР или ПРС — 2—15.

Связующее ПР — отход (маточный раствор) производства пентаэритрита, обработанный персульфатом щелочного металла; связующее ПРС — 25—40% ПР+60—75% ССБ+катализатор (персульфат; перекись водорода; фосфорная кислота).

Длительность отверждения и пористость смеси регулируют применением ацетона, введением до 20% спирта; противопригарные свойства улучшают заменой (до 5%) пылевидного кварца окисью железа; для улучшения смачиваемости вводят до 0,5% ПАВ.

Смесь для изготовления стержней в горячих ящиках при чугунном литье (% вес.). Кварцевый песок 1К02 — 100; окись железа — 0,5; катализатор — 0,6; смола КФ-90 — 2,3. $\sigma_{сж\ вл}$=0,03 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=8 кгс/см². (Минимальное время отверждения 10 мм образца — 8 с).

Смесь для изготовления стержней в горячих ящиках при алюминиевом литье (% вес.). Кварцевый песок — 100; катализатор — 0,5; смола КФ-40 — 2,4. $\sigma_{сж\ вл}$=0,03 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=14 кгс/см². (Минимальное время отверждения 10 мм образца — 5 с).

Облицовочные смеси для форм и стержней (% вес.).

	А	Б
1. Вода	18—24	5—25
Кварц пылевидный	62—75	До 100
Растворитель	7—11	7—40
Сажа белая (SiO_2)	До 1	До 2
Связующее ВР-1	0,5—3	0,5—15

Для улучшения противопригарных свойств можно заменять до 5% кварца окисью железа; для улучшения смачиваемости вводят до 0,5% ПАВ (контакт Петрова), алкамон и др.

2. Огнеупорный наполнитель — до 100; ПБ — 1—6; растворитель — 20—50; сажа белая (SiO_2) — до 2.

Длительность отверждения и пористость изменяют, вводя ацетон или ацетон — 80+ +спирт — 20; до 5% кварца можно заменять окисью железа.

Стержневые и формовочные смеси (вес. ч.): 1. Катализатор — 0,045—0,3; мочевиноформальдегидная смола — 1,5—2; наполнитель огнеупорный — 95—105; углеводно-белковый гидролизат — 1,0—1,5. (Повышенные физико-механические свойства).

2. Огнеупорный наполнитель — основа; водоэмульсионная резольная смола с 2—12% вес. ацетона — 2—4. (Сниженная прилипаемость, повышенная живучесть и прочность в сухом виде).

Стержневая смесь. Вода — 1—1,5; кварцевый песок — 100; контакт Петрова — 0,03—1,0; мочевина — 0,2—0,5; смола ММФ — 2—3; ССБ (концентрат КБЖ-А или аммоний сернокислый) — 0,3—1,0; фосфорная кислота 40%-ная — 0,5—1,0. (Повышенная прочность и термостойкость).

Смесь для оболочковых стержней при литье из магниевых сплавов. Огнеупорный наполнитель — основа; ПБ — 4%; эфироальдегидная фракция — 1%. $\sigma_{в\ сух}$=21 кгс/см²; $\sigma_{сж\ сух}$=46,5 кгс/см²; K>300. Перемешивание — 6 мин; газотворность — 11 см³/г (слеживания нет, пыление небольшое).

2.5. СОСТАВЫ ДЛЯ УГЛЕРОДНЫХ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ

Одним из прогрессивных направлений литейной технологии, обеспечивающим возможность изготовления отливок из тугоплавких легкоокисляющихся химически активных металлов и сплавов, является применение углерода (графита, углеродсодержащих композиций и др.) для производства литейных форм.

Изготовление углеродных литейных форм может осуществляться различными способами:

1) механической обработкой готовых графитовых блоков или заготовок;

2) набивкой или прессованием графитовых формовочных смесей (по обычной литейной технологии);

3) окунанием и обсыпкой (по технологии оболочкового литья с выплавляемыми моделями);

4) карбонизацией углеродистых формовочных композиций обжигом под давлением на модели.

При механической обработке графитовых заготовок используют графиты марок ГМЗ, МГ и т. д. Здесь этот метод не рассматривается.

При изготовлении углеродных форм прессованием или набивкой наполнителем смеси служит углеродный порошок различной зернистости, от величины которой и состава связующего в основном зависят свойства готовых форм.

В большинстве практически применяемых составов сочетаются в различных соотношениях порошкообразный графит (наполнитель) и синтетическая смола в растворе или порошке (пульвербакелит, смо-

ла ВИАМ-Б, бакелитовый лак и др.). Растворителем обычно служит спирт.

Смеси изготовляют и без синтетических смол. Состав такой графитовой формовочной смеси (% вес.). Графит — 77—63; связующее — 23—37. Связующее: каменноугольный пек — 33; деготь березовый — 27; крахмал злаковый (маисовый, рисовый, кукурузный) — 17; вода — 23.

Для улучшения смачивания графитовых зерен рекомендуется добавлять до 1% ПАВ. Пек и деготь взаимозаменяемы. Крахмальный раствор упрочняет форму в сыром состоянии, пек и деготь — в процессе коксования, при высокой температуре.

Ниже приведено несколько составов углеродных формовочных смесей, в табл. 2.6 — характеристики связующих, которые могут применяться для изготовления таких смесей.

Таблица 2.6

СМОЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В КАЧЕСТВЕ СВЯЗУЮЩИХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ УГЛЕРОДНЫХ ФОРМ

Смолы	Марка	ГОСТ, ТУ	Сухой остаток * %	С, %**
Фенолформальдегидные	Пульвербакелит	3552—63	100	58
	ВИАМ-Б	ТУ МХП 4158—54	80	48
	№ 18	18694—73	100	56
	Бакелитовый лак	901—71	50	30
Фенолфурфуролформальдегидная	ФМ-2	МРТУ 59—13—69	80	57
Фуриловая	ФЛ-2	СТУ 110—21—258—64	65	36
Фурилово-фенолформальдегидная	Ф-10, Ф-4	МРТУ 6—05—1092—67	40	25
Фурфуролацетоновая	Мономер ФА	МРТУ 6—05—945—64	85	58
Фурфуролацетоновая с кремнеорганикой	ФАТ			78
Фурфуролацетоно-формальдегидная	ФАФФ-31	ТУ П—359—63	96	58
Фурфуролацетоноэпоксидная	ФАЭД	МРТУ 59—15—69	—	3

* При 220°С, 4 ч.
** Выход углерода при нагреве до 630°С.

Углеродные формовочные смеси (% вес.) для черного и цветного литья (в основном — титана и жаропрочных сплавов). 1. Вода — 15; графит (порошок) — 65; крахмал — 1; ПАВ — 1; пек — 12; фенольная смола — 6.

2. Бентонит — 7; вода — 3,5; углеродистый наполнитель — 89,5.

3. Графит (порошок) — 60; спирт-растворитель — до рабочей консистенции; фенольная смола — 40.

4. Графит (порошок) — 80; уротропин — 3; фенольная смола № 18 — 17.

5. Графит (порошок) — 80; ПБ — 20.

Для суспензии при литье по оболочковым формам.

6. Вода — 56; графит (порошок) — 37,8; коллоидный графит — 6; ПАВ — 0,03; эмульгатор — 0,17.

Формовочная противопригарная углеродистая смесь. Графит, кокс, антрацит — 82—89; глина огнеупорная молотая — 11—18; ССБ (сверх 100%) — 2—2,5.

Стержневая противопригарная графитовая смесь, используемая при изготовлении массивных стальных отливок (толщина стенки — до 150 мм). Кварцевый песок К016—66; кварц пылевидный — 15; графит серебристый — 25; глина огнеупорная — 4. Сверх 100%: крепитель КО — 4; ССБ — 1. $K_{вл}$=30—40; $K_{сух}$=60—70; $\sigma_{сж\ вл}$= =0,3—0,4 кгс/см^2; $\sigma_{в\ сух}$=6—8 кгс/см^2.

Крупные стержни окрашивают краской на пылевидном кварце и сушат при 220—240° С.

Сталь насыщается углеродом на глубину 1—1,2 мм от поверхности.

Смесь оболочковых форм по горячей модели. Углеродистый наполнитель — 94; фенольная смола — 6.

Для снижения склонности к растрескиванию и сокращения цикла изготовления рекомендуют применять в качестве связующего не готовую смолу, а смесь низкомолекулярных органических веществ резорцина и фурфурола. Эта смесь обладает высоким коксовым числом (75—82%), за счет чего обеспечивается высокая прочность форм; кроме того, сокращается продолжительность технологического процесса изготовления форм (до 1 сут).

Такое связующее содержит (вес. ч.): резорцина — 30—50, фурфурола — 50—70 и H_3PO_4 — 0,6—5. Процесс сополимеризации, а следовательно, и формирования связующего материала происходит непосредственно на наполнителе (графите).

При изготовлении оболочковых углеродных форм для литья по выплавляемым (растворяемым) моделям на модель наносится суспензия из графитового порошка со связующим (обычно ФФ-смолы), которая затем обсыпается графитовым порошком. Формирование оболочки (отверждение) можно проводить путем добавки отвердителя или (что лучше) термически — нагревом до 80—130° С. В этом случае модели изготовляют из термостойких масс, в частности из водорастворимых карбамидных композиций, например МПВС (95—98% вес. карбамида, 2—5% вес. поливинилового спирта). Применимы также модельные массы КБ, БК, «Соль 137» и др. Оболочки, полученные термическим отверждением, перед заливкой не прокаливают.

Для получения углеродных форм высокой точности применяют метод карбонизации под давлением, заключающийся в том, что после создания необходимого давления прессования оснастку вместе с формой фиксируют болтами или другим способом для сохранения созданного прессом давления и в таком виде переносят в печь для карбонизации, где происходит полимеризация, а затем обжиг при 430—530° С. Подобным же методом изготовляют формы, сочетая сыпучую термореактивную коксующуюся смолу и графитированную ткань или волокно.

2.6. ЖИДКИЕ (НАЛИВНЫЕ) САМОТВЕРДЕЮЩИЕ СМЕСИ НА ОРГАНИЧЕСКИХ СВЯЗУЮЩИХ

В последнее время получают заметное распространение составы наливных самотвердеющих смесей, связующим в которых служит высыхающее органическое вещество (например, ССБ), а отвердителем — соединения шестивалентного хрома (хромовый ангидрид).

Рекомендуемый состав такой смеси (% вес.): песок кварцевый К0315 — 97; глина молотая — 3. Сверх 100%: ССБ ($\rho = 1{,}16$ г/см^3) — 10; водный раствор хромового ангидрида ($\rho = 1{,}3$ г/см^3) — 1,6.

Песок и глину перемешивают 1 мин, вводят ССБ, перемешивают еще 2 мин, вводят хромовый ангидрид, перемешивают 1 мин. W=6—6,5%; $K_{сух}$=200; $\sigma_{сж\ сух} = 4{,}5$ кгс/см^2; $\sigma_{в\ сух} = 1{,}5—1{,}8$ кгс/см^2.

При употреблении песка, подогретого до 50—60° С, время затвердевания сокращается до 8—12 мин. Без подогрева затвердевание протекает 20—30 мин после заливки, а достаточная для извлечения из ящика прочность достигается через 80—90 мин. Смесь легко выбивается и не склонна к пригару.

3. СОСТАВЫ ФОРМОВОЧНО-СТЕРЖНЕВЫХ СМЕСЕЙ НА НЕОРГАНИЧЕСКИХ СВЯЗУЮЩИХ

Применение разнообразных синтетических связующих в литейном производстве непрерывно расширяется, однако объем смесей, изготовляемых на связующих неорганической природы, еще весьма значителен и в близкой перспективе не имеет тенденции к уменьшению.

3.1. ПЕСЧАНО-ГЛИНИСТЫЕ СМЕСИ

Несмотря на значительное расширение ассортимента материалов, применяемых для формовочных и стержневых составов в литейном производстве, формовочные пески и глины остаются пока наиболее распространенными из них.

Формы из песчано-глинистых смесей применяют как сырыми (мелкие и тонкостенные отливки), так и высушенными (крупные и толстостенные отливки). Облицовочные смеси для крупных и толстостенных отливок готовят, как правило, из свежих материалов. В наполнительную смесь может добавляться в значительных количествах отработанная (оборотная) формовочная смесь.

Замена глины бентонитом улучшает качество смесей и позволяет снижать их влажность. В качестве заменителя глинистых связующих для формовочных смесей предложено вводить гуматы щелочных металлов, например гумат натрия, что в 3—5 раз повышает прочность сухих смесей, улучшает их податливость и выбиваемость.

Примерный состав смеси (% вес.): кварцевый песок — 94; гумат натрия — 4; известь — 2.

Можно также наполовину снизить содержание глины в смесях, заменив ее 2% гумата натрия.

Для повышения прочности сухих форм в песчано-глинистые смеси иногда вводят небольшие (1—2%) количества твердеющих при высыхании связующих, например, сульфитно-спиртовую барду. Для повышения текучести при прессовании и прочности применяется введение в смеси добавок поверхностно-активных веществ. Например, в состав смеси вводят понизитель вязкости лесохимический фенольный (ПФЛХ), представляющий собой метансульфонированный новолак.

Рекомендуемое соотношение компонентов (вес. %): наполнитель — до 100; глина — 10—12; каменный уголь молотый — 0,01—5,0; ПФЛХ — 0,1—2,0; вода — 3,0—3,5. (Вместо 10—12% глины в состав смеси может быть введено 6—8% бентонита).

Смесь при введении ПФЛХ имеет текучесть 80—85%, $\sigma_{сж\ вл} = 0{,}3—0{,}4$ кгс/см^2. ПФЛХ можно вводить непосредственно в глинистую суспензию в виде сухого продукта или раствора, а также в виде увлажняющей добавки непосредственно в смеситель вместе с наполнителем. После этого вводят глину или бентонит.

Типовые составы облицовочных формовочных смесей при чугунном литье в сухие формы (% вес.). 1. Для отливок массой до 100 кг. Оборотная смесь — 70—40; свежие материалы—25—57; древесные опилки—0,3; глина (сверх 100%) — 12—14. Зерновой состав: 02А, 0315А. W=6—7%; $K_{вл}$=60—80; $\sigma_{сж\ вл} = 0{,}50—0{,}80$ кгс/см^2.

2. Для отливок массой более 100 кг. Оборотная смесь — 60—35; свежие материалы — 37—62; древесные опилки — 0,3; глина (сверх 100%) — 12—16. Зерновой состав: 0315Б, 04А. W=6—8%; $K_{вл}$=80—100; $\sigma_{сж\ вл} = 0{,}50—0{,}80$.

3. Для отливок массой до 2000 кг с толщиной стенки до 30 мм. Оборотная смесь — 60—50; свежие материалы — 28—40; древесные опилки — 10—12; глина (сверх 100%) — 12—14. Зерновой состав: 0315Б, 0,4А. W=7—8%; $K_{вл}$=70; $\sigma_{сж\ вл} = 0{,}50—0{,}65$ кгс/см^2.

4. Для отливок массой 2000—15 000 кг при толщине стенки до 50 мм. Оборотная смесь — 50—40; свежие материалы — 38—50; древесные опилки — 10—12; глина

(сверх 100%) — 14—16. Зерновой состав: 04А, 0315Б. $K_{вл}=70$; $\sigma_{сж\ вл}=0{,}65$—0,80 кгс/см²; W=7—8%.

5. Для кирпичных форм при литье крупных отливок (10—30 т) с толщиной стенки до 60 мм. Оборотная смесь — 20; песок — 47; глина — 20; древесные опилки — 13. Зерновой состав — 04А. $\sigma_{в\ сух}$=1,5—2,5 кгс/см².

6. Для кирпичных форм при литье особо крупных отливок (10—15 т) с толщиной стенки более 60 мм. Оборотная смесь — 20; песок — 43—42; глина — 20; кокс — 4—5; древесные опилки — 13. Зерновой состав: 0315Б. $\sigma_{в\ сух}$=1,5—2,5 кгс/см².

Типовые составы формовочных смесей при чугунном литье в сырые формы (% вес.): 1. Наполнительная смесь (% об.). Оборотная смесь — 97; освежающая добавка — 3. W=5—5,5%; $K_{вл}\geqslant 60$; $\sigma_{сж\ вл}$=0,25—0,35 кгс/см².

2. Для мелких чугунных отливок (массой до 20 кг).

	А	Б
Оборотная смесь	78—59	96,5—94,5
Свежие материалы	20—38	3—5
Каменный уголь	2—3	0,5
Глина (сверх 100%)	8—10	8—10

А — облицовочная; Б — единая; при толщине стенки до 10 мм зерновой состав — 01А, при толщине более 10 мм — 016А. W=4,5—5,5%; $K_{вл}$=25—35; $\sigma_{сж\ вл}$=0,30—0,50 кгс/см².

3. Для средних (20—200 кг) отливок с толщиной стенки до 25 мм:

	А	Б
Оборотная смесь	75—45	94,3—92,3
Свежие материалы	22—51	5—7
Каменный уголь	3—4	0,7
Глина (сверх 100%)	7—10	7—10

А — облицовочная; Б — единая; зерновой состав — 016А. W=4—5,5%; $K_{вл}$=40—60; $\sigma_{сж\ вл}$=0,3—0,5 кгс/см².

4. Для средних отливок (20—200 кг) с толщиной стенки свыше 25 мм:

	А	Б
Оборотная смесь	75—45	93,2—89,2
Свежие материалы	21—50	6—10
Каменный уголь	4—5	0,8
Сульфитная барда	1—2	—
Глина (сверх 100%)	8—10	8—10

А — облицовочная; Б — единая; зерновой состав — 02Б. W=4—5,5%; $K_{вл}$=50—70; $\sigma_{сж\ вл}$=0,3—0,5 кгс/см².

5. Для крупных отливок (200—1000 кг) с толщиной стенок до 40 мм:

	А	Б
Оборотная смесь	70—40	91—86,8
Свежие материалы	26—55	8—12
Каменный уголь	4—5	1—1,2
Сульфитная барда ССБ	1—2	—
Глина (сверх 100%)	9—11	9—11

А — облицовочная; Б — единая. Зерновой состав — 02Б. W=4,5—6%; $K_{вл}$=60—80; $\sigma_{сж\ вл}$=0,40—0,60 кгс/см².

6. Для крупных отливок (200—1000 кг) с толщиной стенки свыше 40 мм (% вес.):

	А	Б
Оборотная смесь	70—40	88,8—83,5
Свежие материалы	25—52	10—15
Каменный уголь	5—8	1,2—1,5
Сульфитная барда	1—2	—
Глина (сверх 100%)	10—12	10—12

А — облицовочная; Б — единая; зерновой состав: 02А, 0315Б. W=4,5—6,5%; $K_{вл}$=70—100; $\sigma_{сж\ вл}$=0,45—0,70 кгс/см².

7. Облицовочная смесь для особо крупных отливок (1000—5000 кг).

	А	Б
Оборотная смесь	60—40	60—40
Свежие материалы	34—52	34—52
Каменный уголь	6—8	6—8
Сульфитная барда	1—2	1—2
Глина (сверх 100%)	11—13	12—14
W, %	5—7	5—7
$K_{вл}$	100—200	100—130
$\sigma_{сж\ вл}$, кгс/см²	0,50—0,60	0,60—0,80

А — толщина стенки до 40 мм, Б — свыше 40 мм. Зерновой состав: А — 02А; Б — 0315Б, 04А.

8. Единая формовочная смесь для чугунного литья массой до 100 кг (% вес.). Асбест (крошка) — 0,5—1,0; вода — 5—5,5; бентонит М1/1—3 — 0,5—0,6; кварцевый песок 2КРСБ — 8—9; контакт Петрова — 0,01; мазут — 0,2—0,4; оборотная смесь — 87—90,8; сода кальцинированная — 0,015—0,024.

К оборотной смеси добавляют бентонит и песок (перемешивают 60—90 с), асбестовую крошку (перемешивают 150—210 с), мазут, содовый раствор (перемешивают 90—120 с), воду (перемешивают 7—10 мин).

Формовочные смеси различного назначения при чугунном литье (% вес.): 1. Для неответственных отливок, формуемых прессованием ($p_{прес}$=5—18 кгс/см²):

	А	Б
Оборотная смесь	95	85
Кварцевый песок К016А	5	—
Кварцевый песок 1К02Б	—	8
Кварцевый песок П063А	—	5
Глина каолинитовая	—	2
W, %	4,5—6,0	4,5—5,5
$K_{вл}$	35	35
$\sigma_{сж\ вл}$, кгс/см²	0,25—0,4	0,25—0,5

2. Для точных по размерам отливок чистотой поверхности ∇4, формуемых прессованием ($p_{прес}$=18 кгс/см²):

	А	Б	В
Оборотная смесь	72	76	60
Кварцевый песок 1К02А	19	20	33

Глина каолинитовая	3,5	2,0	2,0
Глина монтмориллонитовая	—	1	—
Пек древесный	2,0	0,5	—
Нефтебитум № 3	3	—	2
Каменноугольная пыль	2	0,5	—
Графит кристаллический	0,5	—	—
Древесный уголь	—	—	3
W, %	2,3—2,5	1,9—2,1	1,9—2,1
$K_{вл}$	35	35	70
$\sigma_{сж\ вл}$, кгс/см²	1,1—1,25	0,5—0,9	0,8

3. Смесь повышенной текучести для прессовой формовки. Кварцевый песок 1К02А — 100%. Сверх 100%: бентонит огланлинский — 4; битум БН-II — 2; вода — 2. W=3%; $K_{вл}$=150; $\sigma_{сж\ вл}$=0,4 кгс/см²; текучесть — 80%.

4. Смеси пониженной влажности для применения на автоматических линиях и в массовом производстве при прессовании под высоким давлением (% вес.). Оборотная смесь — 92—94; кварцевый песок К02 — 5—7; глина монтмориллонитовая—до 0,6; уголь марки Г молотый — до 0,5; поверхностно-активные вещества (ДС-РАС, контакт Петрова и др.) — 0,05—0,2; щелочные добавки (едкий натр, сода, жидкое стекло) — 0,01—0,03. W=2,8—3,2%; $K_{вл}$=55—65; $\sigma_{сж\ вл}$=0,4—0,5 кгс/см².

5. Единая формовочная смесь для крупных корпусных отливок (% вес.). Глинисто-древесная суспензия (ρ=1,25 г/см³) — 2,95; кварцевый песок — 9,98; мазут — 0,14; отработанная смесь — 86,93.

[Глинисто-древесная суспензия (% вес.): 97,15% глины+2,85% древесной муки с водой при 40—50° С перемешивать в бегунах 15—20 мин.]

6. Смесь для сырых стержней III и IV классов сложности при литье чугуна и стали (% вес.). Кварцевый песок — 45; оборотная смесь — 45; глина огнеупорная — 8; ССБ — 2. W=4,5—5%; $K_{вл}$=150; $\sigma_{сж\ вл}$=0,5—0,6 кгс/см².

Типовые составы формовочных смесей при литье стали (% вес.). 1. Облицовочная для сырых форм; масса отливки—до 100 кг; толщина стенки — до 25 мм. Оборотная смесь — 80—40; кварцевый песок—16,5—53; глина — 3—6,5; ССБ — до 0,5 (общее содержание глины — 8—10). Зерновой состав: К016А, К02А, К02Б. W=3,5—4,5%; $K_{вл}$=80—100; $\sigma_{сж\ вл}$=0,3—0,5 кгс/см².

2. Облицовочная для сырых форм; масса отливки — 100—500 кг; толщина стенки — до 25 мм. Оборотная смесь — 75—40; кварцевый песок — 20,5—51,5; глина—4—8; ССБ — до 0,5 (общее содержание глины—10—12). Зерновой состав: К02Б, К02А. W=4,0—5,0%; $K_{вл}$=100—120; $\sigma_{сж\ вл}$=0,4—0,6 кгс/см².

3. Облицовочная для сырых форм; масса отливки — до 500 кг; толщина стенки — до 50 мм. Оборотная смесь — 60—40; кварцевый песок—33,5—51,0; глина—6—8,5; ССБ — до 0,5 (общее содержание глины—11—13). Зерновой состав: К02А, К0315Б. W=4,5—5,5%; $K_{вл}$=100—130; $\sigma_{сж\ вл}$=0,5—0,7 кгс/см².

4. Облицовочная для сухих форм; масса отливки — до 5000 кг; толщина стенки—до 50 мм. Оборотная смесь — 80—40; кварцевый песок — 15,5—50,5; глина — 4—9; ССБ — до 0,5 (общее содержание глины—12—14). Зерновой состав: К02А. W=5—7%; $K_{вл}$=70—100; $\sigma_{сж\ вл}$=0,5—0,7 кгс/см².

5. Облицовочная для сухих форм при изготовлении отливок толщиной стенки до 80 мм, склонных к горячим трещинам. Оборотная смесь — 80—40; кварцевый песок — 12,5—45,5; древесные опилки—до 8%; глина — 4,9; ССБ — 2,4—1,5 (общее содержание глины — 12—14). Зерновой состав: К02А, К0315Б. W=5—7%; $K_{вл}$=70—100; $\sigma_{сж\ вл}$=0,35—0,6 кгс/см².

6. Единая для сырых форм; масса отливок — до 100 кг. Оборотная смесь—92—90; кварцевый песок — 6,5—8,0; ССБ—1,5—2,0 (общее содержание глины — 8—10). Зерновой состав: К016, К02А, К02Б. W=3,4—4,5%; $K_{вл}$=80—100; $\sigma_{сж\ вл}$=0,3—0,5 кгс/см².

7. Наполнительная для сырых форм при литье стали (% об.). Оборотная смесь — 97—95; освежающая добавка—3—5. W=5—5,5%; $K_{вл}$=90; $\sigma_{сж\ вл}$=0,30—0,40 кгс/см².

8. Наполнительная для сухих форм при литье стали (% об.). Оборотная смесь—75—45; освежающая добавка — 5; древесные опилки — 20—50. W=6—7% (7—8%); $\sigma_{сж\ вл}$=0,25—0,35 кгс/см² (0,35—0,45 кгс/см²).

9. Облицовочные при стальном литье (% вес.):

	А	Б	В
Кварцевый песок К02 А или Б	48	95	94
Оборотная смесь	48	—	—
Глина монтмориллонитовая	4	5	6
Сода	0,2	—	0,2—0,3
Сульфитная барда	—	0,7	0,7

Типовые составы формовочных смесей при литье медных сплавов (% вес.):

1. Единая для сырых форм. Оборотная смесь — 82—89,5; свежие материалы — 7—10 (общее содержание глины — 8—12); мазут — 1—1,5. Зерновой состав: 016А, 01А. W=4,5—5,5%; $K_{вл}$=30; $\sigma_{сж\ вл}$=0,3—0,5 кгс/см².

2. Облицовочная для сырых форм. Оборотная смесь — 40—80; свежие материалы — 18,5—59 (общее содержание глины—8—12); мазут — 1,5—1,0. Зерновой состав: 016А, 0,1А. W=4,5—5,5%; $K_{вл}$=30; $\sigma_{сж\ вл}$=0,3—0,5 кгс/см².

3. Для сухих форм. Оборотная смесь—60—80; свежие материалы — 20—40 (общее содержание глины — 10—15). Зерновой состав: 016А. W=5,5—7,0%; $K_{вл}$=30;

$\sigma_{сж\ вл} = 0{,}4—0{,}6$ кгс/см²; $\sigma_{в\ сух} = 0{,}8—1{,}2$ кгс/см².

4. Наполнительная для сырых форм (% об.). Оборотная смесь — 97; освежающая добавка — 3. W=5—5,5%; $K_{вл}$=30; $\sigma_{сж\ вл}$=0,30—0,45 кгс/см².

5. Наполнительная для сухих форм (% об.). Оборотная смесь — 95; освежающая добавка — 5. W=6—7%; $K_{вл}$>30; $\sigma_{сж\ вл}$=0,35—0,50 кгс/см².

Типовые составы формовочных смесей при литье алюмииневых сплавов (% об.):

1. Единая смесь для сырых форм. Оборотная смесь — 90—92; свежие материалы — 8—10 (общее содержание глины — 8—10). Зерновой состав: 01А. W=4,5—5,5%; $K_{вл}$=20; $\sigma_{сж\ вл}$=0,3—0,5 кгс/см².

2. Облицовочная для сырых форм. Оборотная смесь — 60—80; свежие материалы — 20—40 (общее содержание глины — 8—12). Зерновой состав: 01А. W=4—5%; $K_{вл}$=20; $\sigma_{сж\ вл}$=0,3—0,5 кгс/см².

3. Облицовочная для сухих форм. Оборотная смесь — 60—80; свежие материалы — 19,5—39; ССБ — 0,5—1,0 (общее содержание глиины — 8—12). Зерновой состав: 0,1А. W=5—6%; $K_{вл}$=20; $\sigma_{сж\ вл}$=0,4—0,6 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=0,7—1,2 кгс/см².

4. Наполнительная формовочная смесь для сырых форм при литье алюминия (% об.). Оборотная смесь — 97; освежающая добавка — 3. W=4,5—5,0%; $K_{вл}$>50; $\sigma_{сж\ вл}$=0,30—0,40 кгс/см².

5. Наполнительная формовочная смесь для сухих форм при литье алюминия (% об.). Оборотная смесь — 96; освежающая добавка — 4. W=6—7%; $K_{вл}$>50; $\sigma_{сж\ вл}$=0,35—0,45 кгс/см².

6. Единая формовочная смесь при литье магниевых сплавов (% вес.). Оборотная смесь—85—90; свежие материалы—10—15; фтористая присадка — 5—9. Зерновой состав: 01А; 0063А. W=4,5—6,0%; $K_{вл}$=30—70; $\sigma_{сж\ вл}$=0,4—0,8 кгс/см².

3.2. БЫСТРОТВЕРДЕЮЩИЕ ПЛАСТИЧНЫЕ ЖИДКОСТЕКОЛЬНЫЕ СМЕСИ

В производстве отливок из углеродистой и легированной стали широко применяются песчано-глинистые смеси с добавками жидкого стекла (пластичные жидкостекольные смеси), играющего роль химически отверждаемого связующего.

Отвердевание таких смесей происходит частично за счет высыхания, частично за счет разложения жидкого стекла углекислотой воздуха (либо специальио вдуваемой углекислотой), под действием которой происходит разложение силикатов иатрия и образование геля кремнекислоты, прочно цементирующего смесь.

Жидкостекольные пластичные смеси могут уплотняться пескометным, пескодувным, пескострельным способами, встряхиванием, пневмо- и ручной трамбовкой и т. п.

Ниже приводятся некоторые составы быстротвердеющих жидкостекольных смесей.

Формовочные смеси при стальном литье (% вес.):

1. Для мелких и средних отливок. Глина (общее содержание) 4—8; жидкое стекло содовое — 5—7; кварцевый песок К02А или К016 — 50; едкий натр (30%-ный раствор) — 0,5—1,5; отработанная смесь — 50. W=4,5—5,5%; $K_{вл}$=70; $\sigma_{сж\ вл}$=0,25—0,35 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=8 кгс/см².

2. Для средних отливок. Глина (общее содержание) — 5; жидкое стекло содовое — 7; кварцевый песок К02А или К016 — 75; мазут — 0,5; NaOH (30%-ный раствор)—1,0; отработанная смесь — 25. W=3—5%; $K_{вл}$=80; $\sigma_{сж\ вл}$=0,25—0,35 кгс/см².

3. Для крупных отливок. Глина (общее содержание) — 5; жидкое стекло содовое — 6,5—7,5; кварцевый песок К02А или К016 — 100; мазут — 0,2—0,3; NaOH (30%-ный раствор) — 1,0. W=3—5%; $K_{вл}$=180; $\sigma_{сж\ вл}$=0,2—0,35 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=12 кгс/см².

4. Для отливок общего назначения. Глина (общее содержание) — 1; жидкое стекло содовое — 5,2; кварцевый песок К02А или К016—69; мазут — 0,6; NaOH (30%-ный раствор) — 1,1; отработанная смесь — 30. W=2,6—3,0; $K_{вл}$=150; $\sigma_{сж\ вл}$=0,18—0,27 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=10—18 кгс/см².

В составы (1) — (4) добавки глины вводятся в зависимости от ее содержания в песке.

5. Для отливок с повышенной чистотой поверхиости. Кварцевый песок — 81—89; пылевидный кварц — 10—15; каолиинитовая глиина — 1—4. Сверх 100%: жидкое стекло — 4—6; NaOH (10%-ный раствор) — 1—1,5; мазут — 0,5. W=3—4,5; $K_{вл}$=70; $\sigma_{сж\ вл}$=0,2—0,4 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=10—15 кгс/см².

6. Для тоикостеииых отливок (вес. ч.). Кварцевый песок 1К02А — 69,68—70,7; кварцевый песок 1К016А — 25; глина огнеупорная — 4—5; мел (порошок) — 0,3—0,32; жидкое стекло — 5—6; NaOH (10%-ный раствор) — 1,0—1,5. W=2,5—4,5%; $K_{вл}$>80; $\sigma_{сж\ вл}$=0,2—0,3 кгс/см².

7. Для крупных отливок (% вес.). Цирконовый песок — 92; глина — 1; цирконовая мука — 3,5; жидкое стекло (M=1,6)—3,5. $\sigma_{в\ сух}$=13—23 кгс/см².

8. Для форм при стальном и чугунном литье. Оборотная смесь — 21—30; кварцевый песок — 67—74; каолинитовая глина—3—5. Сверх 100%: жидкое стекло — 4—6; NaOH (30%-ный раствор) — 1,5; мазут—0,5. W = 3—4%; $K_{вл}$ > 80; $\sigma_{сж\ вл}$ = 0,20—0,35 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=6 кгс/см².

9. Противопригарная формовочная смесь при мелких чугунных отливках (% вес.). Оборотная смесь — 30—50; кварцевый песок — 47—65; каолинитовая глина—3—5. Сверх 100%: жидкое стекло—4—6; NaOH (30%-ный раствор) — 1—1,5; каменный уголь — 4—6; мазут—0,5. W=3—4%; $K_{вл}$>80; $\sigma_{сж\ вл}$=0,22—0,3 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=5 кгс/см².

10. Смесь для форм и стержней при их пескострельном изготовлении (вес. ч.). Глина — 5—3, NaOH (ρ=1,2 — 1,26 см³) — 1,1—1,5; жидкое стекло (M = 2,6 — 2,8; ρ = 1,36 — 1,46 г/см³)—2,5—3,5; NaCl—2—3; огнеупорный наполнитель—95—97. (Пониженная прилипаемость, улучшенные технологические свойства.

11. Формовочная смесь при цветном литье. Оборотная смесь — 30—50; кварцевый песок — 47—65; каолинитовая глина—3—5. Сверх 100%: жидкое стекло — 4—6; NaOH (30%-ный раствор) — 1—1,5; мазут — 0,5. W=3—4%; $K_{вл}$>50; $\sigma_{сж\ вл}$=0,2—0,4 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=6 кгс/см².

Стержневые быстротвердеющие смеси на жидком стекле применяются в основном для простых, без тонких выступающих частей, стержней среднего и крупного развеса, свободно выбивающихся из отливок. Они отверждаются без нагрева, имеют повышенную текучесть, быстро твердеют при продувании углекислотой иа холоду, но при машинной формовке выбиваются из ящиков труднее и более склонны к пригару.

Ниже приводится несколько составов этих смесей.

1. Для стержней, изготовляемых механизированным способом при литье стали и чугуна (% вес.). Кварцевый песок — 100; жидкое стекло — 4—5,5; NaOH (30%-ный раствор) — 0,5—1,5; мазут — 0,5. W=3%. $K_{вл}$=120; $\sigma_{сж\ вл}$=0,04—0,07 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$= =10—15 кгс/см².

2. Для стержней, требующих податливости, при литье стали и чугуна. Кварцевый песок — 94—97; глина — 3—6; жидкое стекло — 4,5—6; NaOH (30%-ный раствор) — 0,5—1,5; древесные опилки — 1,5. W = 3—4,5%; $K_{вл}$ > 80; $\sigma_{сж\ вл}$ = 0,12—0,30 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=8—12 кгс/см².

3. Для стержней III класса сложности при литье стали. Жидкое стекло (M=2,6—3,0) — 7; кварцевый песок 1К0315 — 100; NaOH (30%-ный раствор) — 1,0; уголь ПЖ — 1,5. W=2,5—3,0%; $K_{вл}$=120; $\sigma_{сж\ вл}$= =0,04—0,05 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=1,5 кгс/см².

4. Для стержней III класса сложности при литье стали. Вода — 2,1; графит серебристый — 0,6—0,8; жидкое стекло (M=2,6—3,0) — 5,0; кварцевый песок 1К02А — 100; керосин — 0,5; связующее ПС — 1,5—2,0. W=3,3—4,2%; $K_{вл}$=100; $\sigma_{сж\ вл}$=0,06—1,0 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=1,8—3,0 кгс/см².

5. Для стержней II и III классов сложности при литье стали. Боксит — 5; вода — 0,5; жидкое стекло (M=2,6—3,0) — 5—6; кварцевый песок 1К02Б — 95; NaOH (30%-ный раствор) — 1—2. W=2,5—3,0%; $K_{вл}$=100; $\sigma_{сж\ вл}$=0,04—0,05 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$= =2,5—3,0 кгс/см².

6. Для стержней II и III классов сложности при литье стали. Гидрол ДС — 1,2—1,5; жидкое стекло (M=2,6—3,0) — 2,5—4,8; кварцевый песок 1К02Б — 100. W=2,5—3,0%; $K_{вл}$=100; $\sigma_{сж\ вл}$=0,04—0,05 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=2,5—3,0 кгс/см².

7. Для стержней I и III классов сложности при магниевом литье. Масса отливок от 0,5 до 25 кг и более. Борная кислота — 0,5—0,7; вода — 2,4—2,6; глина формовочная — 1—2; жидкое стекло (M=2,6—3,0) — 2,3—3,0; кварцевый песок 1К02А—98—99; NaOH (30%-ный раствор)—1,2—1,3; сера порошковая — 0,6—0,7. W=2,4—2,6%; $K_{вл}$=100; $\sigma_{сж\ вл}$=0,07—0,12 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$= =2,3—3,5 кгс/см²; после 3—8 ч вылеживания иа воздухе $\sigma_{в\ сух}$=5—8 кгс/см².

8. Для стержней при литье силумина. Асбест (крошка) — 2; жидкое стекло (M= =2,6—3,0) — 5; кварцевый песок К0315А—98; мазут — 0,5; NaOH (30%-ный раствор)—0,75. W=2,7—3; $K_{вл}$=150; $\sigma_{сж\ вл}$=0,05—0,08 кгс/см².

Формовочные и стержневые смеси на жидком стекле в качестве связующего получили широкое распространение в литейном деле, благодаря ряду существенных достоинств. В то же время этим смесям присущи и недостатки, в числе которых трудность удаления стержней из отливок и склонность к образованию пригара, особенно при чугунном литье.

В настоящее время разработан состав смесей, практически лишенных отмеченных недостатков. Некоторые из них приводятся ниже.

Легковыбиваемые смеси (% вес.): 1. Формовочная при литье углеродистой стали. Отливки толщиной стенки 40—60 мм. Песок кварцевый — 92—94; шамот молотый — 6—8; после перемешивания 2—3 мин вводится NaOH — 0,75; гидросил (смесь жидкого стекла с гидролом) — 6,5—7. Перемешивание длится еще 5—6 мин. W=3—3,5%; $K_{вл}$=100; $\sigma_{сж\ вл}$=0,1 кгс/см²; $\sigma_{срез}$ после продувки CO_2 — 3 кгс/см². Окраска стержней — цирконовой или хромомагнезитовой краской на поливинилбутиральном лаке.

2. Формовочная при мелком тонкостенном литье. Кварцевый песок — 100. Сверх 100%: эмульсия КУС — 1,0; жидкое стекло — 4,0; вода — 1,0.

Порядок загрузки: песок — эмульсия — вода — жидкое стекло. Длительность перемешивания — 10—12 мин.

Состав эмульсии КУС (% вес.): крепитель ГТФ или П — 50; уайт-спирит или керосин — 30; сланцевая мука (сито 016) — 20. В смесь жидких составляющих высыпается мука и перемешивается несколько минут до однородной смеси.

3. Формовочная при среднем и крупном литье. Песок кварцевый — 100. Сверх 100%: эмульсия КУС — 1; глина огнеупорная — 1; жидкое стекло — 5; вода — 1.

Газотворность эмульсии может быть уменьшена заменой крепителей ГТФ и П на сульфитно-спиртовую барду. При этом несколько снижается живучесть смеси.

Смеси (2) и (3) пригодны для чугунного, стального и цветного литья. Они имеют следующие характеристики:

	2	3
W, %	2,8—3,4	3,0—3,5
$K_{вл}$	120	100
$\sigma_{сж\ вл}$, кгс/см²	0,05—0,15	0,12—0,25
$\sigma_{в\ сух}$, кгс/см²:		
при продувке CO_2	2,5—3,5	2—2,5
при тепловой сушке	12—15	15—16

4. Стержневая при стальном литье. Кварцевый песок — 97; бокситы — 3; жидкое стекло — 4—5; NaOH (30%-ный раствор) — 1. W=3,3—4,2%; $K_{вл}$=80; $\sigma_{сж\ вл}$=0,05—0,07; $\sigma_{в\ сух}$=5,0 кгс/см²; $\sigma_{в}$

после продувки углекислотой 1,8—2,2 кгс/см².

5. Стержневая при чугуином литье. Кварцевый песок — 95; асбест — 5; жидкое стекло — 5. $W = 2,8$—$3,0\%$; $K_{вл} = 120$; $\sigma_{сж\ вл} = 0,10$—$0,15$ кгс/см²; $\sigma_{в\ сух} = 5$—8 кгс/см²; $\sigma_в$ после продувки углекислотой — 1,5—2,0 кгс/см².

6. Стержневая при стальном и чугунном литье. Оборотная смесь — 30—50; кварцевый песок — 50—70; жидкое стекло — 5; NaOH (10%-ный раствор) — 0,5—1,5. W=3,5—4,5%; $K_{вл}$=80; $\sigma_{сж\ вл}$=0,12—0,25 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=8—10 кгс/см²; $\sigma_в$ после продувки углекислотой > 2—3 кгс/см².

3.3. СОСТАВЫ ДЛЯ ПОЛУПОСТОЯННЫХ И ПОСТОЯННЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

В связи с непрерывным повышением требований к качеству отливок (точности размеров, чистоте поверхности), а также вследствие все более широкого использования сплавов с особыми свойствами (высоколегированных, тугоплавких, магнитных) в условиях массового и механизированного производства расширяются масштабы применения новых разновидностей литейиых форм и стержией. К их числу относятся полупостоянные и постояиные формы и стержни, изготовляемые как обычными методами, так и приемами керамической технологии.

Так, например, литые детали точных размеров, в частности мелкие и средние отливки сложных форм из труднообрабатываемых сплавов, изготовляют в керамических формах, получаемых нанесением огнеупорных быстротвердеющих составов на поверхность съемной (разборной, составной) модели либо на поверхность модели, выплавляемой перед заливкой металла или уничтожаемой в процессе заливки (газифицируемой) расплавленным металлом. Последние два варианта получили массовое распространение.

При изготовлении керамических литейных стержней методами керамического производства измельченные высокоогнеупорные наполнители смешиваются с пластификаторами (парафин, церезин, полиэтилен) и минерализующими добавками, формуются и обжигаются при высокой температуре.

Например, для изготовления тонких стержней, применяемых с целью получения в отливках внутренних отверстий малого диаметра (каналов охлаждения в турбинных лопатках), используются различные специальные материалы, например порошки моносульфида церия (CeS) на связке из эпоксидных или кремнийорганических смол, парафине, латексах. Растворителями в этих смесях служат бензин, керосин, толуол, ацетон. Масса наносится на проволочный стержень из вольфрама или молибдена окунанием, сушится и обжигается при 1700° С 1 ч в вакууме ($1 \cdot 10^{-4}$ мм рт. ст.).

Составы масс для неразъемных форм (оболочек), изготовляемых по выплавляемым или газифицируемым моделям, включают в себя огнеупорный наполнитель (электрокорунд, пылевидный кварц, циркон, двуокись титана, магнезит) и связующее. В качестве связующего иногда применяют чистое жидкое стекло, а наиболее часто — гидролизованный (разложенный водой) раствор этилсиликата.

Для использования в смесях раствор этилсиликата в ацетоне, спирте или эфироальдегидной фракции разбавляют водой в присутствии соляной кислоты. Получающийся раствор частично коллоидного характера содержит в основном коллоидные частицы кремневой кислоты. При сушке этот раствор затвердевает, превращаясь в нерастворимое в воде химически инертное огнеупорное твердое стекловидное вещество, прочно связывающее частицы огнеупорного наполнителя. Сушка (отверждение) ускоряется воздействием паров аммиака.

Применяют также этилсиликат-конденсат с различными добавками, например этилцеллюлозой и фенольными смолами, а также коллоидные растворы кремнекислоты АРК-1; АРК-2.

3.4. СОСТАВЫ ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКИХ ФОРМ-ОБОЛОЧЕК

Широко применяемые при литье по выплавляемым моделям керамические формы-оболочки получают нанесением на поверхность выплавляемой модели полужидкой смеси (суспензии), содержащей огнеупорный наполнитель и связующее. В качестве связующего в большинстве случаев используют гидролизованный (разложенный водой) раствор этилсиликата.

Составы керамических суспензий, наносимых на поверхность выплавляемых моделей, имеют различные соотношения наполнителя и гидролизованного раствора этилсиликата, в зависимости от формы модели и характера отливки. Суспензия наносится несколькими слоями окунанием, с обсыпкой каждого слоя порошком наполнителя или песком. Для первого слоя отношение раствора этилсиликата и пылевидного кварца находится в пределах 1 : (2,2—2,6), а для последующих слоев — 1 : (2,0—2,4).

Число наносимых слоев определяется необходимой толщиной отливки. Керамические формы изготовляют с использованием в качестве материала для обсыпки кварцевого песка, силлиманита, корунда, плавленого кварца, магнезита, оливинита, шамота, причем применение кварцевого песка наиболее распространено.

Рекомендуемая степень дисперсности пылевидных огнеупорных материалов для керамических оболочек (удельная поверхность, см²/г):

Двуокись циркония	8000—9000
Дистен-силлиманит	5000—6000
Окись кальция	5000
Кварц	4000—6000
Магнезит	5000—6000
Муллит	6000—7000

Циркон	7000—8000
Шпинель	5000—6000
Электрокорунд	6000—7000

Средний размер зерна — менее 50 мкм. Для обсыпочного слоя оболочек средний размер зерна (первого слоя) 0,1—0,2 мм и 0,6—1,2 мм — последующие.

Изготовление керамических форм с обсыпкой слоев, например, силлиманитом, корундом и т. д. обеспечивает их достаточную термостойкость. Однако при этом понижается газопроницаемость керамических форм по сравнению с кварцевыми. Использование же в качестве материала обсыпки слоев керамических форм кварцевого песка приводит при их прокаливании к полиморфным превращениям их кварцевой основы, способствующим появлению микро- и макротрещин, что обусловливает низкую термостойкость форм. Кроме того, применение кварцевого песка отрицательно сказывается на санитарно-гигиенических условиях производства.

Повышение термостойкости керамических форм при сохранении их газопроницаемости и улучшение санитарно-гигиенических условий труда в цехах, производящих литье по выплавляемым моделям, достигается обсыпкой слоев керамических форм перидотитово-дунитовым песком, содержащим 60—80% дунита и 40—20% перидотита, который в температурном интервале прокаливания не имеет полиморфных превращений, вызывающих появление микро- и макротрещин.

Перидотитово-дунитовый песок получают путем прокаливания при температуре 800—1000° С дробленых магниевых силикатов; потери при прокаливании составляют 5—16%.

Предлагаемый способ имеет следующие преимущества: в два с лишним раза сокращается (по сравнению с применением кварцевого песка) термическое расширение, что способствует повышению точности отливок; обеспечивается значительно бо́льшая теплопроводность, что ускоряет остывание отливок; основной характер материала ускоряет процесс гелеобразования и способствует сокращению цикла производства форм; материал недефицитен и относительно дешев.

Керамические суспензии с наполнителем — пылевидным кварцем и связующим — этилсиликатом, применяемые для формирования оболочек в производстве литья по выплавляемым моделям, не всегда обеспечивают достаточную стойкость форм против термической усталости. Применение в качестве наполнителей огнеупоров типа плавленого кварца, электрокорунда, глинозема, дистена или смеси кварца с одним из перечисленных пылевидных компонентов или огнеупорной глиной повышает термостойкость, но ухудшает податливость форм и затрудняет выбивку из них сложных отливок. Кроме того, используемые алюмосиликаты дороже кварцевого песка.

Для получения термостойких форм, обладающих податливостью и упругостью, в состав суспензии вводят синтезируемую алюмосиликатную добавку. Состав ее (% вес.): Al_2O_3 — основа; огнеупорная глина — 17—50; окислы железа — 0,5—2,5; двуокись кремния — 0,2—1,2; окислы кальция — до 0,5.

В зависимости от того, каким металлом заливают форму, добавку вводят в облицовочный слой формы в разных количествах. Так, например, при заливке легированных сталей, содержащих повышенное количество марганца, титана, или сплавов на основе редких металлов, в облицовочный слой вводят не более 0,1% указанной добавки. Со второго слоя покрытия ее вводят в количестве 8—9%. При производстве отливок из сплавов на основе меди или алюминия в облицовочные покрытия вводят до 3% добавки. Керамическая суспензия содержит основу — огнеупорный наполнитель (кварц, силикат циркония, дистен), связующее — гидролизованный раствор этилсиликата, добавки — борная кислота и электродный пек.

Во всех случаях после затвердевания формы-оболочки необходимо удалить из нее выплавляемую модель.

Выплавление модели из формы после затвердевания последней может производиться в зависимости от состава модельной массы в горячей воде (94—98° С), в потоке воздуха (140—190° С), в расплаве той же модельной массы при температуре ее жидкотекучести (например, для ПТБ — 130—140° С).

Наиболее полно удаляется модельная масса в воде, однако и в этом случае в порах формы остается некоторое количество ее, которое нужно удалить во избежание газовыделения при соприкосновении с расплавленным металлом. Для этой цели форму прокаливают в течение 3—4 ч при 400—420° С.

Соответственно в число требований, которым должны удовлетворять составы для керамических форм, входит требование достаточной стойкости к горячей воде, с помощью которой выплавляют модель.

Приводим несколько рецептов составов смесей — суспензий, применяемых для образования форм-оболочек по выплавляемым моделям (% вес.).

	А	Б
1. Кварц пылевидный	70	65
Гидролизованный этилсиликат	30	35

А — для первого слоя; Б — для последующих слоев; $\sigma_в$ после прокаливания — 40—80 кгс/см².

2. Вода — 1,2—6,0; огнеупорный наполнитель — до 100; органофильный монтмориллонит — 5—15; полярный диспергатор (например, ацетон) — 10—25; H_2SO_4 (ρ = 1,84) — 0,2—1,0; HCl (ρ = 1,19) — 0,02—0,2; этилсиликат — 6—22. (Повышенная прочность и огнеупорность формы после обжига.)

3. Покрытие модели при точном литье стали. Основа: вода дистиллированная — 1,8 л; глицерин — 500 см³; HCl (ρ = 1,19) — 200 см³; этилсиликат — 10 л; эфироальдегидная фракция — 12,5 л.

Наполнитель: для 1-го и 2-го слоев — 90 кг окиси циркония; с 3-го по 15-й слой — 60 кг маршалита+0,4 кг электродного пека; с 16-го по 20-й слой добавляется борная кислота. Обсыпка каждого слоя — сухой кварцевый песок или электрокорунд.

Сушка — в воздушно-аммиачной среде. Выплавление модели — в кипящей воде 60 мин. Прокаливание при t=900—950° С.

4. Суспензия для форм при точном литье, наносимая электрофорезом (% вес.). Вода — 14—18; глина — 6—15; огнеупорный наполнитель — до 100; электролит — 0,05—0,2.

Состав огнеупорного наполнителя: маршалит — 50—70; кварцевый песок — 30—50. Электролит — 5—10%-ные растворы: гексаметафосфата натрия — для увеличения выхода осадка; тринатрийпирофосфата — для уменьшения влажиости осадка; триполифосфата натрия — для увеличения устойчивости суспензии; пирофосфата натрия — для увеличения плотности осадка.

5. Суспензии для покрытий модели при изготовлении форм-оболочек или стержней (% вес.). Ацетон — 5—25; вода — 0—8; HCl (ρ=1,19) — 0,2—1; огнеупорный наполнитель — до 100; сажа белая — до 1; этилсиликат иегидролизованный — 4—15.

6. Вода — 22—30; сажа белая — до 1; жидкое стекло — 1—4; пылевидный кварц — до 100; HCl (ρ=1,19) — 1—3.

В составах (5), (6) длительиость отверждения и пористость можно изменять, вводя в качестве растворителя ацетон или его смесь с 20% спирта. Улучшение противопригарных свойств достигается заменой до 5% пылевидного кварца окисью железа. Для улучшения смачиваемости вводят ПАВ (контакт Петрова, алкамон) до 0,5% от веса смеси.

7. Суспензия для изготовления керамических форм. Этилсиликат — 5—9; вода — 14—18; HCl — 0,25—0,35; H_2SO_4 — 0,25—0,35; огнеупорный наполнитель — 75—77; ПАВ, ограниченно адсорбирующееся на поверхности зерен огнеупорного наполнителя, — 0,02—0,1. (Сниженный расход этилсиликата при улучшении физико-механических свойств суспензии.)

8. Состав для форм повышеиной теплопроводности (% вес.). Графит — 23—70; гидролизованный раствор этилсиликата — 2—15; гелеобразователь (например, 2—3%-иый раствор аммиака) — 0,1—2,0; наполнитель огнеупорный (маршалит, дистен-силлиманит, циркон) — до 30; электродный бой — 10—30. (На отливках отсутствует обезуглероженный слой.)

9. Смесь для полупостоянных керамических стержней и форм (% вес.). Гидролизованный этилсиликат — 9—18; огнеупорный наполиитель — до 100; 30—100%-ный раствор триэтаноламина — 0,3—5,0.

Наполнитель для крупных форм и стержней: 20—40% крошки зернистостью 3—25 мм из огнеупора пористостью не более 25%.

Керамические формы (облицовки) также широко используют при изготовлении двухслойных форм, у которых лицевая часть (соприкасающаяся с расплавленным металлом) изготовляется из керамической смеси, а внешняя (заполнение) состоит из обычной формовочной смеси (песчано-глинистой, жидкостекольной и т. п.). Составы смесей для таких форм приводятся ниже.

Смеси для керамических двухслойиых форм (% об.) (наполнительная смесь — жидкостекольная):

	1	2	3	4
Маршалит	19	—	13	—
Кварцевый песок	6	6	6	6
Циркон	—	34	13	—
Электрокорунд	—	—	—	27

На 100 мл гидролизованного этилсиликата вводят 2—2,5 мл (летом — 2 мл, зимой — 2,5 мл) ПЭПА в 2—8 мл спирта. В полиэтиленовом сосуде перемешивают этилсиликат с наполнителями. Затем вводят полиэтиленполиамин (ПЭПА — катализатор), перемешивают 20—30 с и выливают в формы. Жизнеспособность смеси регулируется содержанием спирта. Газопроницаемость при отношении ПЭПА к спирту 1 : 1 равна 55, при 1 : 2 — 79, при 1 : 3 — 83 и т. д.

Предварительная сушка форм — 2—3 ч при 450° С в печи и прокаливание широкопламенной горелкой при 950° С или сразу прокаливание горелкой.

Гидролизованный раствор этилсиликата получают из следующего состава (вес. ч.): ацетон — 185, вода дистиллированная — 100; HCl (ρ=1,19) — 3; спирт гидролизный — 185; этилсиликат — 740.

В гидролизатор вливают спирт, ацетон и этилсиликат, затем 10%-ную подкисленную воду, перемешивают 12 мин при pH смеси 5,5, добавляют кислую воду до pH=5—4,5, перемешивают 6 мин, еще добавляют кислую воду до pH=4,5—4,0, перемешивают 6 мин, выдерживают раствор 15—20 мин при pH=3,5 для стабилизации, вливают остаток воды, перемешивают 30 мин при pH=3,5, отстаивают 2 ч при 15° С. Гидролизованный раствор жизиеспособен 5—7 сут.

5. Керамическая облицовка двуслойных форм. Калиевый полевой шпат — 4,5; кварц — 12,5; окись хрома — 1; плавиковый шпат — 4; циркон — 78.

Сухая смесь смешивается с 25—28% жидкого стекла (M=2,6—2,8; ρ = 1,41 г/см³), содержащего 0,6% вес. бихромата калия. Толщина облицовки — 1—3 мм. Модель покрывается слоем парафина 0,2—0,6 мм, который при нагреве после прессования плавится, что облегчает ее удаление. Форма сушится 24—30 ч при 25—30° С, затем нагревается до 450° С. Стойкость формы — 150—250 заливок металлом.

Керамические стержни изготовляются из тех же составов, что и формы, либо для них применяют специальные составы, ряд которых приводится ниже.

Смеси для керамических стержней, изготовляемых методом гелеобразоваиия. 1. Основа (силлиманит пылевидный — 75%, силлиманит зернистый — 25%) — 2,5—3 кг; связующее (этилсиликат-40 в этиловом спирте — 25—30%-ный раствор) — 1 кг;

гелеобразователь (насыщенный водный раствор углекислого аммония) — 4—6 см³.

2. Основа (кварц пылевидный — 75%, кварцевый песок — 25%) — 3—4 кг; связующее (этилсиликат-32 в этиловом спирте, 18—20%-ный раствор) — 1 кг; гелеобразователь (едкий натр, 15%-ный раствор) — 8—9 см³.

3. Основа (кварц пылевидный —20%-ный, кварцевый песок — 50%, крошка, до 10 мм, керамических стержней — 30%) — 3—4 кг; связующее (этилсиликат-32 в этиловом спирте, 18—20%-ный раствор) — 1 кг; гелеобразователь (едкий натр — 15%-ный раствор) — 9—10 см³.

4. Основа (кварц пылевидный — 65%, кварцевый песок — 35%) — 3 кг; связующее (этилсиликат-40 в этиловом спирте, 24—25%-ный раствор) — 1 кг; гелеобразователь (магнезит каустический пылевидный) — 2—3 см³.

5. Основа (кварц пылевидный — 75%, кварцевый песок 2К0315 — 25%) — 2,5—3 кг; связующее (этилсиликат-32 в спирте гидролизном с ацетоном в соотношении 1 : 1, 20—22%-ный раствор) — 1 кг; гелеобразователь (триэтаноламин — спиртовый раствор 1—3%-ный) — 7—8 см³.

6. Основа (кварц плавленый пылевидный — 75%, кварц плавленый зернистый — 25%) — 4,4—4,7 кг; связующее (этилсиликат-40 в этиловом спирте, 14—16%-ный раствор) — 1 кг; гелеобразователь (раствор, содержащий триэтаноламина — 1, спирта — 2, 25%-ной аммиачной воды — 0,5) — 7—8 см³.

7. Основа (кварц пылевидный — 70%, кварцевый песок — 30%) — 10—12 кг; связующее (этилсиликат-50 в этиловом спирте, 50%-ный раствор) — 1 кг; гелеобразователь (едкий натр, 10%-ный раствор) — 200—220 см³.

Быстротвердеющие стержневые смеси (% вес.). 1. Основа (маршалит — 60%, кварцевый песок — 40%) — 100. Сверх 100%: гидролизованный этилсиликат — 23—25; едкий натр, 15%-ный раствор — 1—1,5.

2. Основа [кварц пылевидный КП-2 (ГОСТ 9077—59) — 70; кварцевый песок 1К02 — 30] — 3 кг; связующее (этилсиликат-40 — 55, ацетон — 36,2, соляная кислота — 0,6, вода — 8,2) — 1 л; гелеобразователь (90—120 мл 5%-ного едкого натра на 1 л гидролизованного связующего). Твердение — 5 мин.

Различные составы для изготовления полупостоянных форм и керамических стержней (% вес.). 1. Состав для полупостоянных форм при литье чугуна и стали. Шамот молотый — 3—60; глина формовочная — 25; графит (бой электродов) — 5—10; асбестовые отходы — 10; молотый кокс — 5—10; льняная костра или шерстяные очесы — 10—20.

2. Смесь для полупостоянных форм при литье чугуна и стали. Порошок шамотный — 60—70; порошок полукислых огнеупоров — 40—30; связующее (сверх 100%): едкий натр (раствор $\rho=1{,}2$)—5; жидкое стекло Б ($\rho=1{,}48$—$1{,}52$) — 14—16. $W=9{,}5$—$10{,}5\%$; $\sigma_{сж\ вл}=0{,}35$—$0{,}45$ кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}=40$ кгс/см².

3. Для стержней повышенной точности и термостойкости. Карбид кремния — 1,5—2; пластификатор — 14—15; полиорганоалюмосилоксановая смола — 5—6; трансформаторное масло — 0,5—2; электрокорунд — до 100%.

4. Состав керамических стержней для сложных тонкостенных отливок. Глинозем — 10,6; маршалит — 71,4; парафин — 15,3; полиэтилен — 2,7.

5. Состав для обсыпки керамического покрытия, наносимого на блоки выплавляемых моделей. Асбест — до 100%; графит — 20—30; шамот — 30—60.

Содержание компонентов в кварцевых смесях для прочных керамических стержней, стойких при прокаливании формы, по патентным данным, может колебаться в широком диапазоне, например (вес. ч.): бентонит — 3,5—65; кварцевая мука — 100—600; жидкое стекло (30% SiO_2) — 26—176; кремнийорганическая жидкость ($\eta=10\,000$ П) — 12—97; вода — 0—91. Смеси запрессовывают в формы, подогретые до 65—230° С, и отверждают в них в течение 1—10 мин.

3.5. САМОТВЕРДЕЮЩИЕ СМЕСИ С ВНУТРЕННИМИ АКТИВНЫМИ ОТВЕРДИТЕЛЯМИ

К этой группе смесей относятся разнообразные составы, отверждение которых происходит в результате протекания химических реакций между введенными в них компонентами без применения внешних воздействий (продувки газом, нагрева и т. п.). Некоторая часть рассмотренных выше составов, приготовляемых на этилсиликате, входит в эту группу. Типичными же ее представителями являются экзотермические наливные смеси, наливные и пластичные самотвердеющие смеси на жидком стекле с активными добавками (шлаками, нефелиновым шламом и др.), гипсовые и цементные жидкие смеси, твердеющие в результате гидратации, и т. д. Эти смеси технологичны, недороги, отвердевают за короткое время (10—30 мин) и относятся к технически прогрессивным и перспективным материалам литейного производства.

По консистенции и некоторым другим свойствам самотвердеющие смеси делят на заливочные (наливные, жидкие) низкой вязкости и пластичные (уплотняемые), имеющие консистенцию обычных формовочных смесей.

Экзотермически твердеющие смеси (% вес.). 1. Жидкое стекло ($M=2{,}2$) — 6,5; кварцевый песок — 91,5; кремний (порошок) — 2.

2. Жидкое стекло ($M=2{,}2$)—6,5; кварцевый песок — 91,5; ферросилиций 75%-ный — 2. $\sigma_в$ через 24 ч=50 кгс/см².

В жидкоподвижном состоянии применяются быстротвердеющие составы, содержащие жидкое стекло и силикатно-кальциевые шлаки, либо нефелиновый шлам.

Жидкие самотвердеющие смеси для стержней и форм, обладающие хорошей текучестью и устойчивостью пены,

получают по следующим рецептам (вес. ч.). 1. Вода — 3,5—5; кварцевый песок — 85—90; гипс высокопрочный — 15—10; пенообразователь (ДС-РАС и т. п.) — 0,05—0,15.

В качестве органической добавки можно применять: мочевину техническую — 0,5—2; танин — 0,0075—0,0125; соли сульфолигниновых кислот и их термополимеры — 0,2—2; фурановые или мочевиноформальдегидные смолы — 0,2—2; кальциевые соли арабиновой кислоты — 0,05—0,5 и др.

Кварцевый песок можно заменять хромомагнезитом, оливином и другими огнеупорными наполнителями. $\sigma_{сж}$ через 2 ч — 6 кгс/см², через 24 ч — 19—11 кгс/см².

2. Жидкая самотвердеющая смесь для цветного литья (вес. ч.). Песок кварцевый 1К0315А — 95; шлак феррохромовый белый (МРТУ 14—11—64) — 5. Сверх 100%: жидкое стекло В — 5,5—6; канифоль — 0,1—0,3; ПАВ[1] — 0,4—0,6; вода — 1,5—2,0.

Выбиваемость несколько улучшается при добавке 0,5—0,7% серебристого графита.

3. Типовой состав наливной жидкостекольиой смеси для форм и стержней при стальном литье (% вес.). Вода — 1—2; жидкое стекло — 5—7; кварцевый песок — 94—97; контакт Петрова — 0,5—0,6; мылонафт — 0,05—0,10; феррохромовый шлак — 3—6.

Плотность смеси — 1,30—1,36 г/см³; текучесть — 350—400 мм; устойчивость пены — 3—12 мин; время твердения — 20—40 мин; $\sigma_{сж}$ через 24 ч — 4—8 кгс/см²; $\sigma_{в}$=1,5—3 кгс/см²; $\sigma_{срез}$=2—4,5 кгс/см²; K через 24 ч — 120—200; усадка<0,2%.

Пластичными самотвердеющими смесями, в отличие от жидких, названы смеси на жидкостекольном связующем с феррохромовым шлаком в качестве отвердителя, используемые для обычных методов формования при чугунном литье (крупном, среднем). Как правило, применяются они для облицовочного слоя; наполнителем служит стандартная песчано-глинистая смесь, например, состава: отработанная смесь — 1000 л, глинистая эмульсия (ρ=1,34—1,40) — 35—40 л. K=93—100; $\sigma_{сж\ вл}$=0,4—0,5 кгс/см²; W=5—5,6%.

Смесь готовится в два приема. Вначале приготовляют базовую жидкостекольиую смесь, а затем непосредственно перед употреблением вводят в нее отвердитель — феррохромовый шлак или нефелиновый шлам (СТУ 30—478—64).

Для машинного формования на 100 об. ч. базовой смеси вводят 2,5—3 об. ч. шлака (первый состав), а для пескометного формования — 0,8—1,2 об. ч. (второй состав). Первый состав пригоден к употреблению 15—20 мин, второй 50—90 мин. $\sigma_{сж\ вл}$ первого состава — 0,17—0,28 кгс/см², второго — 0,13—0,20 кгс/см²; $\sigma_{в}$ — через 2 ч составляет соответственно 1,2—1,5 и 0,7—0,9 кгс/см².

[1] Контакт Петрова (ГОСТ 463—53) с нейтрализацией едким натром или газойлевый контакт Петрова без нейтрализации; мылонафт (ГОСТ 13302—67); для стабилизации пены: ДС-РАС, нейтрализованный черный контакт (НЧК).

Типовой состав базовой жидкостекольной смеси (% об.). Песок кварцевый КРКА — 71—72; регенерированный песок — 20; формовочная глина ВФ-1 — 4—5; уголь молотый ГК — 4,0; раствор NaOH[1] — 0,8; жидкое стекло (M=2,6—3,0; ρ=1,50 г/см³) марки В (ГОСТ 8264—56) — 5,5. K=150; W=3,5—4,0%; $\sigma_{сж\ вл}$=0,12—0,15 кгс/см², после продувки углекислотой — 2—3,5 кгс/см².

Для приготовления смеси вначале 1—2 мин перемешивают сухие составляющие, затем вводят раствор едкого натра и снова перемешивают 2—3 мин, после чего добавляют жидкое стекло и перемешивают еще 3—4 мин.

Смесь пригодна к употреблению в течение 8—10 ч.

Состав для проверки пригодности феррохромового шлака к использованию в пластичных самотвердеющих смесях (% вес.). Песок кварцевый 1К02Б — 97; шлак феррохромовый — 3; жидкое стекло сверх 100% — 6.

При испытании $\sigma_{в}$ не ниже (кгс/см²): через 30 мин — 0,4—0,8; через 60 мин — 0,9—1,2; через 120 мин — 1,5—1,8.

Для значительного повышения активной β-формы в составе отвердителя самотвердеющих смесей — дикальциевого силиката рекомендуется изготовлять такой материал искусственно, подбирая соотношение $SiO_2:CaO$=1,6—2,4:1 и проводя обжиг смеси при 1180—1200° С в присутствии минерализаторов и стабилизаторов, например фторидов щелочных и щелочноземельных металлов и окисей либо солей фосфора. Например: 1) 500 ч. шлака с отношением $SiO_2:CaO$=1,15:1 в смеси с 422 ч. $CaCO_3$ обжигают 2 ч при 1200° С; 2) 500 ч. шлака с $SiO_2:CaO$=0,90:1 в смеси с 355 ч. $CaCO_3$ обжигают 0,75—1 ч при 1200° С; 3) 500 ч. шлака фосфорной печи с $SiO_2:CaO$=1,15:1 в смеси с 422 ч. $CaCO_3$ и 1 ч. B_2O_3 обжигают при 1180° С 2 ч; 4) смесь 10 ч. $CaCO_3$, 6 ч. SiO_2, 0,6 ч. CaF_2 и 0,1 ч. B_2O_3 обжигают 1 ч при 1200° С.

Составы пластичных облицовочных самотвердеющих смесей:

1. Доменный шлак (цемент) — 2,5; жидкое стекло (M=2,0) — 5; кварцевый песок — 91,5; пек — 1; $\sigma_{сж}$ через 24 ч — 15,5 кгс/см².

2. Жидкое стекло (M=2,0) — 6,0; кварцевый песок — 92; портландцемент — 2,0;

3. Кварцевый песок — 97,5; H_3PO_4 — 0,7; фурановая смола — 1,8. $\sigma_{сж}$ через 1 ч — 15 кгс/см².

4. Глицеролтриацетат — 2; декстрин — 1,5; жидкое стекло — 5; кварцевый песок — 91,5. $\sigma_{сж}$=20 кгс/см².

5. Агломерат железной руды — 8; жидкое стекло — 5; кварцевый песок — до 100; огнеупорная глина — 2—3.

6 Жидкое стекло — 5; кварцевый песок — 89; NaOH (30%-ный раствор) — 1,1; патока — 1; цемент — 4. $\sigma_{сж}$ через 6 ч — 5,7 кгс/см².

[1] При 12—16° С плотность раствора ρ=1,23—1,25; при 21—25° С — 1,29—1,31; при 31—35° С — 1,34—1,36 г/см³.

7. Составы легковыбиваемых жидкоподвижных цементно-органических смесей для стержней III—V классов сложности и форм при чугунном и стальном литье до 50 т (% вес.). Вода — 2 — 5; контакт Петрова— 0,1—0,4; коптильный препарат — 2—5; песок кварцевый 1К, 2К марок 02, 0315, 016— 93—90; портландцемент (400, 500) — 7—10; ССБ — 0,5—1,5. ρ=1,16—1,17 г/см³; W=4—5,5%; стойкость пены 6—12 мин; $\sigma_{сж\ вл}$ через 2 ч — 1,5—2,0 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$ = 5—12 кгс/см²; $K_{вл}$ через 1 ч$\geqslant$100; $\tau_{отв}$=45—80 мин. Разогреваются при смешивании до 40—50° С.

8. Быстротвердеющая смесь для стержней и форм (вес. ч.). Нефелиновый шлам— 0,5—0,7; огнеупорный наполнитель — 99,5— 99,3; ССБ (ρ=1,2—1,21 г/см³) — 1,4—1,5; фенолформальдегидно-фурановая смола— 2,0—2,1.

Состав нефелинового шлама (% вес.): CaO — основа; SiO_2 — 29—31,5; Al_2O_3 — 3—5; F_2O_3 — 2,5—4; Na_2O — 2,2—2,8; п. п. п. — 1,86—2,57.

3.6. САМОТВЕРДЕЮЩИЕ СМЕСИ НА ГИПСЕ, ПОРТЛАНДЦЕМЕНТЕ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЛЯХ

В состав гипсовых смесей входят наполнитель, гипс, вода, добавки. Наполнителем может служить кварцевый песок, шамот, маршалит. В качестве добавок, повышающих прочность, используются борная кислота, ММФ-смолы, цементы, силикаты натрия, каолин, тальк, асбест и др.

Отверждение гипсовых смесей происходит за счет гидратации гипса — перехода обожженного (полуводного) гипса $CaSO_4 \cdot H_2O$ в двугидрат $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ с превращением в твердое, камнеподобное тело. Сушка гипсовых форм и стержней длительна (50—80 ч); их нельзя применять для заливки сплавов при температуре выше 1200° С. Основное применение — изготовление форм, моделей, прессформ для сложных по конфигурации, в том числе крупногабаритных отливок из цветных сплавов (при температуре расплава не выше 1200° С). Ниже приводятся составы гипсовых формовочных смесей (% вес.).

1. Для тонкостенных и точных отливок из цветных сплавов. Гипс высокопрочный — 80; асбест — 20.

После тщательного перемешивания сухая смесь засыпается в воду из расчета 100 вес. ч. сухой смеси+70 вес. ч. воды.

2. Для отливок из цветных сплавов. Кварцевый песок (мелкий) — 50; гипсовый цемент — 40; тальк и небольшие добавки силиката натрия, портландцемента и гипса.

Смесь затворяется водой (до 35% в готовой смеси) и в жидкотекучем состоянии заливается в опоку с установленной моделью, где в течение 4—7 мин происходит схватывание. Освобожденные от модели формы пропариваются в автоклаве 6—8 ч при 1—1,2 атм, затем выдерживаются 14— 15 ч на воздухе и затем сушатся в печах при 235—245° С 25—50 ч.

3. Трещиноустойчивая при обжиге. Вода (сверх 100%) — 35—36; гипс — 10—30; известняк — до 100.

Гипс и известняк применяются измельченными до остатка 5% на сите 4900 отв./см². Средний состав известняка (%): SiO_2 — 4,7; (Fe_2O_3+Al_2O_3) — 1,95; CaO — 54,5; CO_2 — 41,5.

Гипс и известняк в сухом виде смешивают 10—15 мин, затем затворяют водой. Начало схватывания — через 12—14 мин, конец — через 25—30 мин.

В основной состав цементных самотвердеющих смесей входят песок, цемент и вода. Могут вводиться органические связующие, катализатор твердения и другие вещества. Смесь твердеет в результате гидратации силикатных минералов, входящих в состав цемента, и образования прочных гидросиликатов ($CaO \cdot SiO_2 \cdot mH_2O$), гидроалюминатов ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$), гидроферритов ($3CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot 6H_2O$) кальция. Органические добавки повышают пластичность и текучесть смеси в жидком состоянии и несколько увеличивают прочность при затвердевании. Смеси хорошо выбиваются.

Ниже приводятся составы некоторых цементных смесей.

Цементные формовочные смеси для стального литья (% вес.):

1. Вода — 8—9; кварцевый песок 2К016Б — 83—85; ПАВ (ОП-7) — 0,1—0,15; портландцемент (400, 500) или термоцемент (глиноземистый, 500, 600) — 7—8. ρ=1,35— 1,42 г/см³; W через 24—30 ч — 0,2—0,3%; $\sigma_{сж}$ через 3—4 ч — 0,11—0,14 кгс/см²; K=50—80.

2. Вода — 8—9; ПАВ (ОП-7) — 0,2—0,15; портландцемент (400—500) или термоцемент (глиноземистый, 500, 600) — 7—8; цирконовый песок КЦ3 или КЦ4 — 83—85. ρ=2,31—2,40 г/см³; W через 24—30 ч—0,2— 0,3%; $\sigma_{сж}$ через 3—4 ч — 0,13—0,16 кгс/см²; K=0.

Для приготовления смеси песок и цемент перемешивают 1—2 мин, вводят воду, перемешивают 3—4 мин, добавляют ПАВ, перемешивают еще 3—4 мин. Формуют в жестяном (1,5—2 мм) кожухе. Толщина слоя 10—25 мм для отливки со стенкой 50—20 мм. Заливочный стояк металлический. Для предотвращения прилипания модель покрывают химически стойким лаком. Поверхность формы покрывают цирконовой краской. Для удаления газов в стенках кожуха предусмотрены отверстия. Качество отливок и выход годного выше, чем в песчаных формах.

3. Для особо тяжелых и сложных стальных отливок. Кварцевый песок 1К0315А— 88—90; портландцемент — 10—12. W=6— 7,5; $K_{вл}$=250; $K_{сух}$>350, $\sigma_{сж\ вл}$=0,1— 0,11 кгс/см²; $\sigma_{сж\ сух}$=5—6 кгс/см². Отвердевание 30—70 ч.

4. Для тяжелых стальных отливок при машинном формовании. Кварцевый песок 1К02А — 61—62; оборотная смесь — 30; портландцемент — 8—9. W=5—6%; $K_{вл}$= =200; $K_{сух}$>300; $\sigma_{сж\ вл}$=0,12—0,13 кгс/см²; $\sigma_{сж\ сух}$=3—4 кгс/см². Отвердевание 48 ч.

1/20	органических связующих
1/22	из искусственных или натуральных смол
1/24	из жировых или масляных веществ; из остаточных продуктов их дистилляции
1/26	из углеводородов; из остаточных продуктов их дистилляции
Группа 9/00	Литейные формы или стержни
9/02	песчаные для фасонного литья
9/04	керамические формы и стержни
9/06	постоянные для фасонного литья
9/10	стержни; изготовление и установка
9/12	обработка форм или стержней, например, сушка, отверждение
Подкласс B 22 *d*	Литье металлов и прочих материалов
Группа 27/00	Обработка расплава в жидком или вязком состоянии в литейных формах
27/18	Использование химических способов воздействия на поверхностный слой отливок
27/20	Прочие способы воздействия на структуру зерна или строения материала; выбор компонентов для этого

Некоторые индексы **УДК,** которыми сведения гл. II классифицируются в печатных изданиях:

621.74	Литейное производство в целом
621.74.02	Предварительная обработка сырья
621.74.04	Технологические процессы производства отливок. Специальные виды литья
621.74.041	Литье в разовые (песчаные) формы вообще
621.74.045	Литье по выплавляемым моделям. Точное литье
621.742	Формовочные материалы и их подготовка. Подготовка песков и глин. Приготовление смесей
621.742.4	Формовочные материалы. Наполнители. Связующие материалы (крепители)
621.742.43	Песчано-глинистые смеси
621.742.434	Наполнительные смеси
621.742.486	Неорганические связующие
621.742.487	Органические связующие
621.743	Стержни и их изготовление
621.743.4	Стержни и стержневые материалы
621.743.42	Состав и свойства стержневых материалов
621.743.422	Связующие материалы для стержней
621.744.56	Формовка в оболочковые формы

ГЛАВА III

ПРОТИВОАДГЕЗИОННЫЕ И ПРОТИВОПРИГАРНЫЕ СОСТАВЫ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

На различных стадиях литейного производства — при изготовлении моделей и при формовании по ним, при заливке расплава в формы и при извлечении отливок — технолог-литейщик сталкивается с неблагоприятным влиянием тесных контактов между поверхностью модельной оснастки и формовочными материалами либо между поверхностью отливки и стенками форм или стержней. Отрицательное влиние таких контактов — прилипание смесей к оснастке или пригорание смесей к отливке — проявляется в повышении трудоемкости операций, увеличении процента брака, снижении качества изделий.

Разработка и осуществление мер, предотвращающих или уменьшающих эти недостатки, является предметом постоянной заботы технологов литейного производства. Одним из основных путей достижения цели является применение специальных составов (противоадгезионных, противопригарных), которыми покрывают поверхность оснастки перед ее соприкосновением с формовочными или стержневыми материалами или которые наносят на поверхность форм и стержней перед заливкой их металлом.

Большое число разнообразных рецептов таких составов, приводимое в этой главе, имеет целью, как и в предыдущих главах, предоставить технологу, мастеру или исследователю, занимающимся разработкой и применением противоадгезионных и противопригарных составов, материал для выбора и сопоставления, а также отправные данные длн самостоятельного подбора оптимальных составов применительно к местным условиям.

1. СОСТАВЫ, ПРЕДОТВРАЩАЮЩИЕ ПРИЛИПАНИЕ МОДЕЛИ К ФОРМЕ (ПРОТИВОАДГЕЗИОННЫЕ)

Основным назначением этих составов является предотвращение прилипания формовочных (или стержневых) смесей к поверхности модели. Они бывают разовыми и многократными (постоянными).

При выборе материалов модельных покрытий следует учитывать характер применяемых формовочных смесей и заранее определять их правнльные сочетания. Так, например, неполярные растворители (нефтепродукты, каменноугольные продукты) не растворяют шеллак, канифоль и т. п. смолы, но хорошо растворяют углеводороды (битум, парафин). Полярные — растворы шелочи, спирт — хорошо смачивают и растворяют шеллак, канифоль и тому подобные материалы, поэтому как покрытия моделей они иепригодны в случае применения жидкостекольных смесей.

1.1. РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЕ СОСТАВЫ

По характеру исходных компонентов разделительные составы весьма разнообразны. Ниже приводятся рецепты некоторых разделительных составов с указанием преимущественных областей их применения соответственно характеру формы или модели и соприкасающимся материалам. Рекомендуемые составы не являются строго ограничивающими, и технологу предоставляется широкий простор для подбора других оптимальных сочетаний иа данной исходной основе.

В квадратных скобках [ ] приведены разделяемые сочетания материалов формы или модели с материалами изготовляемой по ним оснастки (гипсовой, цементной, пластмассовой) либо с формовочными смесями. Например, [гипс — эпоксипласт] относится к изготовлению модельной оснастки из эпоксидных композиций по гипсовой модели или из гипса — по эпоксипластовой.

1. Вода — 95; мыло — 5 [гипс — гипс; цемент — гипс; эпоксипласт — гипс].

2. Вода — 93; крахмал — 7 [гипс — гипс; эпоксипласт — гипс].

3. Вода — 45; гидролизный спирт — 45; поливиниловый спирт — ПВС-10 [гипс — эпоксипласт; древесина — эпоксипласт; цемент — гипс; цемент — цемент; эпоксипласт — эпоксипласт].

Состав (3) готовят так: ПВС вводят в расчетное количество воды и выдерживают 48 ч. Затем добавляют гидролизный спирт и смесь встряхивают 15—20 мин. Наносят двукратно кистью с интервалом 15—20 мин.

4. Сырая резина — 20; толуол — 80 [гипс — эпоксипласт; гипс — фураноэпоксипласт; цемент — эпоксипласт; эпоксипласт — цемент; древесина — фураноэпоксипласт].

Для приготовления состава (4) и аналогичных ему резину, каучук или полиизобутилен нарезают мелкими кусочками, заливают бензином или толуолом и оставляют на 2—3 ч до полного растворения при периодическом помешивании. Наносят мягкой кистью 2—3 раза с интервалом 10—20 мин. После нанесения последнего слоя форму просушивают при 80—90° С 25—30 мин.

5. Вода — 28,5; жидкое стекло — 71,5 [цемент — цемент].

6. Скипидар — 70; технический воск — 30 [цемент — гипс; древесина — гипс; металл — эпоксипласт; эпоксипласт — гипс; эпоксипласт — эпоксипласт; формопласт — цемент].

Состав (6) — оптимальный — готовят в следующем порядке: расплавляют воск, затем вливают в него скипидар и тщательно перемешивают. Наносят тампоном или мягкой кистью. После высыхания натирают фланелью или шерстью до блеска.

7. Осветительный керосин — 58; технический воск — 14; технический скипидар — 28 [то же, что (6)].

8. Осветительный керосин — 65; технический стеарин — 35 [то же, что (6)].

9. Бензин — 80; полиизобутилен — 20 [древесина — фураноэпоксипласт; эпоксипласт — цемент; цемент — цемент; гипс — цемент].

10. Вода — 70; столярный клей — 30 [цемент — цемент].

11. Гидролизный спирт — 84; шеллак — 16 [цемент — формопласт].

	12	13
Вода	43	14
Гидролизный спирт	43	58
Глицерин	6	14
ПВС	8	14

[гипс — эпоксипласт; древесина — эпоксипласт; цемент — гипс; цемент — цемент; эпоксипласт — эпоксипласт].

14. Льняное масло [формопласт — гипс; древесина — гипс; металл — цемент; металл — формопласт; эпоксипласт — формопласт].

15. Канифоль — 10—20; инден-кумароновая смола — 1—8; перхлорвиниловая смола — 10—20; растворитель — остальное. Для модельной оснастки и оборудования, соприкасающихся с жидкими самотвердеющими смесями.

16. Керосин — до 100; мазут — 45—50; связующее УСК-1 — 10—20. Облегчает удаление модели из формы и улучшает качество поверхности формы.

17. Термостойкий каучук СКТ-4; уайт-спирит — 96. Для смазки плит при изготовлении оболочковых форм. Опрыскивание 1—2 раза в смену.

18. Вода — до 100; полисилоксановая жидкость № 5 — 5; мыло хозяйственное — 2—3. Предотвращает прилипание пенополистироловых моделей к прессформам.

Для металлических форм при изготовлении в них выплавляемых моделей.

	А	Б
19. Битум	0,1—0,5	0,2—0,5
Глицерин	1,9—4,5	2,8—5
Касторовое масло	8—1	4,5
Толуол	50—15	—
Уайт-спирит	—	30—10
Этилсиликат негидролизованный	40—80	65—80

Для (А) битум, глицерин и касторовое масло растворяют в толуоле и вводят в этилсиликат, для (Б) битум и глицерин смешивают с уайт-спиритом, а касторовое масло — с этилсиликатом и сливают эти смеси вместе.

	А	Б
20. Битум	10—0,5	до 0,5
Касторовое масло	8—3,5	4,5
Уайт-спирит	1,5—2	1,5—2
Этилсиликат негидролизованный	90—94	87—63
Эфироальдегидная фракция (ЭАФ)	—	5—30

Для (А) касторовое масло смешивают с этилсиликатом, затем растворяют битум. Для (Б) битум и касторовое масло растворяют в ЭАФ и смесь вводят в этилсиликат.

21. Химически стойкие эмали ХС-710; ХСЭ-26; лак ХСЛ.

В качестве полупостоянных разделительных покрытий модельной оснастки при работе с жидкостекольными смесями. ХС-710 позволяет сделать до 70 съемов, лак ХСЛ — до 30—50.

Кроме перечисленных выше в практике находят применение и многие другие составы.

Разделительные составы при формировании изделий из стеклопластика по металлической (сталь, легкие сплавы) и неметаллической (гипс, покрытый лаком, дерево) оснастке.

22. Вода — 90; ПВС — 10; сушка 120—180 мин при 18—22° С, 30—40 мин — при 40° С.

23. Вода — 90; глицерин — 1; мыло — 0,5; ПВС — 10. Состав применяется для полированной оснастки.

24. Вода — 46; глицерин — 5; ПВС — 8; этиловый спирт — 46; сушка 30—40 мин при 18—22° С.

Ориентировочный расход составов (22)—(24) — 80 г/м². Чтобы различать эти составы от других слоев, можно добавлять в них 0,9—1,2% люминесцирующего красителя ФН (флуоресцеин натрия — уранин). При необходимости отмывки оснастки от составов (22)—(24) применяют 7—10%-ный водный раствор кальцинированной соды при 40° С, отмывку производят ветошью или щетками.

1.2. ПРИПЫЛЫ

Припылами называются разнообразные, обычно измельченные до состояния пудры составы, наносимые (напыляемые) на поверхность моделей или стержневых ящиков для предотвращения прилипания к ним

формовочных или стержневых смесей. В качестве припылов используют минеральные вещества (тальк, кварц), мелкоизмельченный древесный уголь, ликоподий, серебристый графит. Рекомендуется также зола — продукт пережога углеродсодержащих материалов растительного происхождения (листьев, трав, соломы, виноградной лозы, древесных стружек, опилок и угля) на открытом воздухе.

Различные золы имеют химический состав в следующих пределах (% вес.): SiO_2 — 30—50; Al_2O_3 — 6—36; Fe_2O_3 — 5—21; CaO — 5—40; MgO — 1—5; K_2O — 1—30; P_2O_5 — 1—6. Входящие в состав золы тугоплавкие окислы не взаимодействуют с составляющими формовочных и стержневых смесей в процессе набивки и съема, а при заливке форм предохраняют отливку от пригара. По сравнению с древесным углем зола обладает меньшей газотворной способностью и большей огнеупорностью, что повышает качество поверхности отливок.

При подготовке припыла золу высушивают при температуре 150—200° С в течение 0,5—1 ч, а затем просеивают через сито с ячейкой 0,2 мм. На рабочую поверхность стержневых ящиков и моделей припыл наносят любым способом.

Составы припылов могут быть весьма разнообразными. Применяют, например, минеральные порошки следующего химического состава (% вес.): Al_2O_3 — до 100; H_2O — 0,001—3; TiO_2 — 0,001—4; Fe_2O_3—4—16; CaO — 0,001—1; SiO_2 — 26—32; MgO—0,1—2.

В качестве припыла можно также применять мраморную пудру (100 вес. ч.) со стеарином (3 вес. ч.). В пудру, нагретую до 90—100° С, добавляют расплавленный стеарин и хорошо перемешивают.

2. ПРОТИВОПРИГАРНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Основным назначением противопригарных покрытий является предотвращение взаимодействия расплавленного металла с материалом форм или стержней. Для этой цели в состав покрытия вводят вещества повышенной огнеупорности на различных связующих. Составы противопригарных покрытий весьма разнообразны. Выбор наполнителя в них определяется характером заливаемого металла, толщиной стенок, весом и габаритом отливок и ряда других факторов.

2.1. ПАСТЫ И КРАСКИ ДЛЯ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

К простым и дешевым противопригарным покрытиям относятся краски, в которых основным наполнителем служит графит. Ниже приводится ряд таких составов (% вес.):

1. Краска для сырых форм и стержней при литье чугуна. Серебристый графит — 48—48,4; водорослевая мука — 3,4—3,8; вода — 48,6—47,8.

2. Краска для форм при центробежном литье чугуна. Аморфный графит — 58,5; бентонит — 3,5; патока ($\rho = 1,3$) — 10,0; вода — 28,0.

3. Краска для форм при крупном чугунном литье. Серебристый графит — 47; вода — 47; гидрол (отход при получении глюкозы) — 6.

4. Коксографитовая краска для форм при чугунном литье. Молотый кокс — 63,2; серебристый графит — 31,6; глина — 5,2; гидрол — 2,6.

5. Шлаковая краска для сухих стержней при чугунном литье. Ваграночный шлак молотый — 23,32; глина огнеупорная молотая — 3,33; тальк молотый — 10,83; графит аморфный — 8,74; ССБ (ρ не ниже 1,26) — 4,74; бентонитовая суспензия в воде ($\rho = 1,04—1,06$) — 49,04; ρ краски — 1,42—1,50; продолжительность сушки — 30 мин при температуре 260° С.

6. Тальковая краска для сухих стержней при алюминиевом литье. Тальк молотый — 42,4; бентонитовая суспензия в воде ($\rho = 1,04—1,08$) — 57,6; ρ краски — 1,30—1,36; продолжительность сушки — 30 мин при температуре 260° С. Окраска производится пульверизатором.

7. Краска для сырых стержней при чугунном литье. Патока — 0,15; серебристый графит — 2,90; тальк молотый — 27,32; бентонитовая суспензия ($\rho = 1,04—1,08$) — 61,63. ρ краски — 1,25—1,32. Окраска производится пульверизатором.

Во все составы, содержащие органические связующие, добавляют для консервации формалин — около 40 $см^3$ на 1 кг пасты.

Пасты для форм и стержней при чугунном литье (% вес.): 1. Паста ГБ-1. Вода — 33; графит черный — 60; декстрин — 3,5; стабилизатор — 3,5.

2. Паста ГБ-2. Вода — 23; графит черный — 58,2; патока — 10; стабилизатор — 3,5.

3. Паста ГБ-3. Вода — 28; графит черный — 58,5; стабилизатор — 3,5; ССБ — 10.

Краски для сырых форм при чугунном литье (% вес.):

1. Графит черный	25	25
Графит серебристый	30	—
Керосин	40	25
Машинное отработанное масло	5	50

2. Графит черный — 20, уайт-спирит — 40; асфальтовый лак — 40.

3. Графит черный — 20; графит серебристый — 20; керосин — 55; соляровое масло — 5.

Краска для стержней и форм из самотвердеющих смесей (ЖСС, ПСС) при средних и тяжелых чугунных отливках. Графит черный — 35; графит серебристый — 9; смола ФФ-1С — 14; поливинилацетат (ПВАЦ) бисерный — 1. Растворитель (АКР или спирт+ацетон 2 : 1) — 41. $\rho = 1,2—1,25$. Отверждение — 40—50 мин.

Краски на подмыльном щелоке при стальном и чугунном литье (% вес.): 1. Вода — до 1,6—

1,8 г/см³; глина огнеупорная — 2; маршалит — 87; подмыльный щелок — 6,5; ССБ — 4,5.

2. Бентонит —20; вода — до 1,8—1,9 г/см³; марганцевая руда — 8; маршалит — 78; подмыльный щелок — 6; ССБ — 6.

Применение подмыльного щелока позволяет получать противопригарные краски с хорошей кроющей способностью, не склонные к трещинообразованию на стержнях. При применении наполнителей, обладающих большим объемным весом, рекомендуется в такие краски вводить 4—8% подмыльного щелока (ρ = 1,05—1,09 г/см³).

Кварцевые противопригарные пасты для красок при мелком стальном литье. При изготовлении красок пасты разводят водой до ρ = 1,1—1,08 г/см³.

1. Паста СТ-1. Бентонит — 3; вода — 25; декстрин — 1,5; маршалит — 70,5.

2. Паста СТ-2. Бентонит — 3; вода — 17; маршалит — 70; патока — 10.

3. Паста СТ-3. Бентонит — 3; вода — 17; маршалит — 70; ССБ — 10.

4. Паста КГП. Вода — 30; графит черный — 35; патока — 3; стабилизатор — 3.

Самотвердеющая краска для стержней и форм при литье черных и цветных металлов (% вес.). Вода — до ρ = 1,3—1,4 г/см³; NaOH (ρ= =1,41 г/см³) — 18—19; огнеупорный наполнитель (графит, тальк, циркон и т. д.) — до 100%; отвердитель хромовый, например хромовая кислота (ρ=1,15—1,16 г/см³) — 11—18. Отвердители—кислоты хромового ряда (H_2CrO_4, $H_2Cr_2O_7$, $H_2Cr_3O_{10}$, $H_2Cr_4O_{13}$ и т. д.) или их соли.

Краска для форм и стержней (вес. ч.). Вода — 25—27; глинистая суспензия (ρ= =1,2 г/см³) — 4—6; жидкое стекло — 5—9; наполнитель — 60—62; ПАВ — 0,1—0,15; ССБ — 0,04—0,1; эмульсол — 0,14—0,18. Улучшенные технологические и противопригарные свойства.

Пасты для форм и стержней при крупном стальном литье (% вес.): 1. Хромомагнезит — 88; патока или ССБ — 11; декстрин — 1; вода — до требуемой плотности (12—13%). Пасту наносят слоем 1,5—4,0 мм.

2. Хромит — 97; ССБ или патока — 3; декстрин — 2. Вода — до требуемой плотности (W=12—13%); плотность пасты ρ=2,3—2,4 г/см³.

3. Хромит — 82—85; патока — 3; вода — 12—15. (Наносят слоем 3—5 мм).

4. Вода — 10; ССБ — 10; хромит — 80.

5. Жидкое стекло (ρ=1,5) — 8; хромомагнезит — 92.

6. Декстрин — 0,1; патока — 8; хромомагнезит — 92.

7. Декстрин — 0,1; патока — 10; хромит — 90.

8. ССБ (сверх 100%) — 33—40; хромит — 100.

9. Гидрол (ρ=1,05) (сверх 100%) — 40—50; декстрин — 2; хромит — 100.

10. Хромомагнезит — 100. Сверх 100%: бентонит — 0,9; патока — 5,7; ССБ — 1,1.

11. Состав покрытия форм из наливных или уплотняемых смесей при изготовлении тяжелых стальных отливок (% вес.).

Вода — 28—29; глина огнеупорная — 1—4; подмыльный щелок — 3—6; ССБ — 3—6; шлам хромитовый — до 100.

Окраска производится до тепловой обработки форм или стержней в 1, 2 или 3 слоя (соответственно ρ, г/см³: 1,45; 1,55; 1,75).

Состав шлама хромитового (отход химической промышленности) (% вес.): Al_2O_3 — 4—9; SiO_2 — 3—8; Cr_2O_3 — 6—9; Fe_2O_3 — 8—12; CaO — 43—50; MgO — 7—10; Na_2O — 1—1,5; п. п. п. — 12—20.

Краски на основе циркона для форм при стальном и чугунном литье (во всех составах вода — до ρ=1,7—1,95 г/см³) (% вес.):

1. Для форм всех видов. Глина огнеупорная — 2; циркон обезжелезненный — 8; ССБ — 5—10.

2. Для форм, длительно простаивающих до заливки. Глина огнеупорная — 2—4; крепитель 4ГУ — 5—10; циркон обезжелезненный — 88—86; ССБ — 5—0.

3. Для сырых форм:

Олифа-оксоль	10	10
Уайт-спирит (сверх 100%)	60	—
Циркон обезжелезненный	90	90
Спирт технический (сверх 100%)	—	60

Для сухих форм и стержней:

4. Глина огнеупорная — 2; ССБ — 10; циркон обезжелезненный — 88.

5. Глина огнеупорная	2	2
Крепитель 4ГУ	10	5
Циркон обезжелезненный	88	88
ССБ	—	5

6. Глина огнеупорная — 2; олифа-оксоль — 5; циркон обезжелезненный — 88; ССБ — 5.

7. Крепитель ГТФ — 10; циркон обезжелезненный — 90.

8. Вода — 16,0; бентонит — 2,0; декстрин — 1,5; циркон обезжелезненный — 80,5.

9. Для крупных стальных отливок. Циркон обезжелезненный — 70; растворитель № 646 — 25; ПБ — 5.

После нанесения прогревают 5 мин пламенем ацетиленовой горелки до светло-желтого цвета.

10. Подмыльный щелок — 6,5; ССБ — 4,5; циркон обезжелезненный — 87.

Краска наносится пульверизатором. Для ускорения высыхания рекомендуется поджигать нанесенный слой.

11. Для форм и стержней из самотвердеющих смесей при среднем и тяжелом чугунном и стальном литье. Циркон — 60; смола ФФ-1С — 15; ПВАЦ (бисерный) — 1,5; растворитель (АКР или спирт или спирт + ацетон = 2 : 1) — 23,5. ρ=1,75—1,8. Отверждение — 45—55 мин.

Цирконовые краски эффективны, но относительно дороги. На практике циркон успешно заменяют циркон-силлиманитом или силлиманитом (до 85% вес.) при литье

из углеродистой и легированной стали и форстеритом (до 75% вес.) при литье из марганцовистой стали.

Составы силлиманитовых красок:

1. Для форм при литье марганцовистой стали. Бентонит — 1,5; вода — 12,5; мыло жидкое — 0,5; силлиманит или циркон-силлиманит — 83; ССБ — 2,5.

2. Для форм чугунного литья (не требующая сушки). Крепитель КО — 28—50; силлиманит — до 100; стабилизатор (например, тальк) — 2—5.

3. Краска повышенных противопригарных свойств. Глина огнеупорная — 11—16; дистен-силлиманит — 25—40; хлористый натрий — 3—6; растворитель — 40—50; связующее — 3—6. Растворитель — вода, спирт, бензин; связующее — ССБ, жидкое стекло и т. п.

4. Для форм при литье марганцовистой стали. Бентонит — 3; вода — 17; древесный пек — 2; мыло жидкое — 0,6; патока — 6,0; форстерит — 71,5.

5. Дистен-силлиманитовая краска для форм и стержней при литье стали (% об.). Бентонит — 2; дистен-силлиманит — 98; подмыльный щелок (сверх 100%) — 4—6; сульфитная барда (ЛКБЖ) (сверх 100%) — 4—6. Для отливок массой более 6 т вводят дополнительно 2% вес. сланцевой смолы ГТФ.

Разводится водой до $\rho = 1,40—1,50$ г/см³ для стержней при мелком стальном литье и 1,60—1,70 г/см³ для форм и стержней при среднем и крупном стальном литье. Сушка при 220—280° С. Окраска мелких стержней — слоем 0,2—0,4 мм, крупных — 0,7—2,0 мм.

Пасты-краски для форм из жидкостекольных смесей при чугунном литье (% вес.):

1. Графит черный — 43,5; графит серебристый — 15; бентонит — 3,5; ССБ — 10; вода — 28. Перед употреблением разбавляют водой до $\rho = 1,28—1,3$ г/см³.

2. Графит черный — 43,5; бентонит — 3,5; ССБ — 10,0; вода — 43,0. Перед употреблением разбавляют водой до $\rho = 1,28—1,3$ г/см³.

Самовысыхающие противопригарные краски (% вес.).

1. Паста ГБ (с влажностью 18%) — 44; ССБ — 6; изопропиловый спирт — 50; $\rho = 1,19—1,21$ г/см³.

2. Графит серебристый — 6; графит аморфный — 36; древесный пек ДП-9 — 8; растворитель № 646 — 50; $\rho = 1,15—1,17$ г/см³. [(1) — для крупных, (2) — для средних стержней. Пек ДП-9 можно заменять более дешевым древесным пеком по ТУ МБДП 218—52, ио при этом требуется более тщательное размешивание.]

3. Отработанное машинное или соляровое масло — 80; графит серебристый — 20.

4. Кальций хлористый технический — 1,5 вес. ч.; вода — 1 вес. ч. Краска эффективна для облицовочных смесей на мелкозернистых песках.

При ее применении образуется корочка пригара, легко удаляемая при выбивке.

Для форм из жидкостекольных смесей или из жидких самотвердеющих смесей можно применить покрытие состава (% вес.): наполнитель — до 100; связующее (жидкое стекло) — 39—40; хлористый аммоний — 15—16; вспученный перлит — 1,3—1,4.

Покрытие готовят следующим образом. Жидкое стекло разводят водой до $\rho = 1,4$ г/см³ по ареометру, затем добавляют 7—8%-ный раствор хлористого аммония. Образовавшуюся при этом творожистую массу непрерывно перемешивают в течение 4—8 ч до полного растворения комьев. В подготовленное таким образом жидкое стекло добавляют 1,4—1,3% вес. вспученного перлита и после тщательного размешивания вводят наполнитель, например цирконовую муку, в количестве 42—44% вес.

При использовании покрытия для стержней готовую краску наносят кистью: на наружные стержни — в один слой, на внутренние — в два или три слоя, в зависимости от толщины отливки или технологических условий. Один слой покрытия сушится на воздухе 20—30 мин.

Пасты и краски для форм из жидкостекольных смесей при стальном литье (% об.): 1. Кварц пылевидный — 60; бентонит — 1; водный раствор патоки — 39,0. Перед употреблением разводят водой до $\rho = 1,58—1,6$ г/см³.

2. Графит черный — 27; графит серебристый — 13; бентонит — 2,5; ССБ — 7,5; вода — 50. Перед употреблением разводят водой до $\rho = 1,58—1,6$ г/см³.

3. Битум № 3 — 55—67; графит серебристый — 7—10; древесная мука — 3—5; керосин — 23—30.

4. Самовысыхающая краска для отверждаемых CO_2 форм и стержней при стальном литье толщиной стенок 50—250 мм (% вес.). Алюминиевый порошок — 44; эпоксидная смола ЭД-1 — 5; растворитель № 646 или РДВ — 51; $\rho = 1,18—1,19$.

Когда растворитель улетучивается, смола образует на поверхности формы или стержня тонкую прочную пленку, предупреждающую осыпание алюминиевого порошка. Во время заливки смола образует ококсованный остаток и создает восстановительную атмосферу в форме. Краска обладает хорошей кроющей способностью, предотвращает засоры, плены и ужимины.

Краска для форм и стержней из твердеющих без нагрева смесей (ЖСС, ПСС) при среднем и мелком чугунном литье. Шлак феррохромовый — 55; смола ФФ-1С — 20; ПВАЦ (бисерный) — 1,5—2,5; растворитель (АКР или спирт или спирт+ацетон = 2 : 1) — 23,5—22,5. $\rho = 1,47—1,53$. Отверждение — 50—60 мин.

В противопригарных стеклокерамических покрытиях, содержащих плавящуюся стеклообразующую составляющую и огнеупорные наполнители (глина, глинозем, графит, хромит, тальк, двуокись циркония, двуокись титана и др.), соотношения компонентов примерно такие (% вес.): стекловидная составляющая — 10—20; огнеупор-

ный наполнитель — 90—80. Толщина покрытия 0,3—0,6 мм. При взаимодействии с расплавленным металлом покрытие плавится, образуя защитный силикатный жаропрочный покров, защищающий форму.

Стеклообразующая часть при чугунном литье имеет примерно такой состав: SiO_2 — 15—20; Al_2O_3 — 22,5—25; B_2O_3 — 12,5—14,5; Na_2O — 37,5—40; BaO — остальное. Смесь плавят при 1250—1350° С, гранулируют в воде и сушат.

Стеклокерамическое покрытие графитовых изложниц при литье стали (% вес.). Дистен — до 100; КМЦ — 15—17; эмаль — 14—18. Смесь перемешивают 25—30 мин в краскомешалке с водой до $\rho = 1,8$ г/см³.

Состав эмали (% вес.): SiO_2 — 8—12; Al_2O_3 — до 100; CaO — 8—11; CoO — 0,3—0,5; Na_2O — 35—40. Эмаль приготовляют по обычной технологии.

Противопригарные покрытия для форм и стержней при литье цветных металлов: Краски для сырых форм при литье алюминиевых сплавов (% вес.). 1. Тальк прокаленный — 30; спирт-денатурат — 70.

2. Тальк прокаленный — 30—20; керосин — 0,5—1,0; ЭАФ — 67—76; ПБ — 2,5—3,0.

3. Краска для сырых форм при литье медных сплавов (% вес.). Графит черный — 2,5; керосин — 10; мазут — 87,5.

4. Быстросохнущая краска для химически твердеющих форм. Тальк — 32,5; лак № 68 — 13,5; авиабензин — 54. $\rho = 1,08$—1,1 г/см³. Сушка — поджиганием краски.

5. Краска для сырых форм при литье магниевых сплавов. Тальк прокаленный — 30—20; керосин — 0,5—1,0; ЭАФ — 65—72; ПБ — 1,5—2,0.

Краски для форм и стержней, снижающие шероховатость отливок (% вес.).

При литье алюминиевых сплавов:

1. Жидкое стекло — 10; тальк — 20; вода — 70.

2. Тальк — 27; бентонит — 3; вода — 70.

При литье магниевых сплавов:

3. Тальк — 7—10; фтористая присадка — 18—20; вода — 70—75. Для стержней, подсушиваемых при температурах до 180° С. Состав фтористой присадки (%): F — 61,5; NH_4 — 22,5; B — 4,5—5,5.

4. Тальк — 7—10; борная кислота — 3—10; вода — 80—85. Для стержней, подсушиваемых при 220—250° С.

5. Крепитель М — 20; борная кислота — 3—5; вода — 75—77. Для стержней, подсушиваемых при 220—250° С.

2.2. БЫСТРОСОХНУЩИЕ КРАСКИ

Быстросохнущими называются краски, содержащие легколетучие растворители, быстро испаряющиеся на воздухе после нанесения покрытия, либо твердеющие при выжигании горючего растворителя. Этот вид красок можно условно разделить на несколько групп: краски на основе поливинилбутираля (ПВБТ) на поливинилбутиральных лаках; циклогексановые краски; краски на смоляных или нитроцеллюлозных лаках и эмалях. Все быстросохнущие краски пожароопасны и требуют осторожного обращения.

Поливинилбутиральные краски (% вес.). 1. Графит черный — 35; графит серебристый — 10; поливинилбутираль — ПВБТ — 2,5; спирт этиловый — 52,5. $\rho = 1,10$—1,25 г/см³.

2. Для форм при стальном литье. Цирконовый концентрат — 60; ПВБТ — 2,5; спирт этиловый — 37,5. $\rho = 1,75$—1,85 г/см³. Высыхание на воздухе — 30—40 мин.

3. Циркон — 58 — 51; ПВБТ-лак (3%-ный) — 42—49. ρ=1,75—1,85 г/см³.

4. Пылевидный кварц — 60; ПВБТ-лак (3%-ный) — 40. ρ=1,4—1,42 г/см³.

5. Дистен-силлиманит — 45—50; ПВБТ — 2,0; спирт гидролизный — до 100. ρ=1,1—1,4 г/см³.

6. Для сырых форм при чугунном литье. Бентонит — 5; тальк — 40; ПВБТ — 0,55; спирт гидролизный — до 100. ρ=1,16—1,20 г/см³.

7. Для форм при цветном литье. ПВБТ — 2,5; спирт гидролизный — до 100; тальк — 42. ρ=1,08—1,1 г/см³.

8. Для форм при литье из высокомарганцовистой стали. Хромомагнезит — 61; ПВБТ — 1; растворитель № 646—38. ρ=1,7—1,8 г/см³. Высыхание — 15—20 мин на воздухе.

К быстросохнущим краскам для жидкостекольных форм относится и следующий состав: *лаковая часть:* спирт гидролизный — 66,8; ПВБТ — 4,7; растворитель № 646 — 16,7; древесный пек — 11,8; *наполнитель* (сверх 100%): графит аморфный — 65; графит кристаллический — 11. ρ=1,07—1,09 г/см³. Сушка на воздухе — 30—40 мин.

Циклогексановые краски для форм и стержней при чугунном литье (% вес.). 1. Графит серебристый — 5; графит черный — 15; пропан-асфальт — 1,5—2; циклогексан[1] — 58; шамот — 20.

2. Графит черный — 25; пропан-асфальт — 1,5—2; цемент — 22; циклогексан — 58.

3. Графит серебристый — 3; кокс молотый — 30; пропан-асфальт — 1,5—2; циклогексан — 65.

4. Графит серебристый — 5—10; кокс молотый — 20—25; пропан-асфальт — 1,5—2; циклогексан — 58; шамот — 10.

Краски на различных связующих (% вес.). Для форм и стержней при чугунном литье. 1. Ацетон — 23; графит серебристый — 15,5; графит черный — 23; нитроэмаль НЦ-25—15,5; спирт этиловый — 23. ρ=1,04—1,06 г/см³.

2. Графит серебристый — 13; графит черный — 23; лак № 68—37; уайт-спирит — 13. ρ=1,25—1,30 г/см³.

3. Графит серебристый — 12; графит черный — 30; лак № 68—41; растворитель № 646—17; ρ=1,25—1,28 г/см³.

---

[1] В составах (1)—(4) с добавкой 2% стеарата алюминия.

4. Графит серебристый — 5; графит черный — 45; древесный пек — 5,5; спирт (или ацетон) — 44,5. ρ=1,25—1,28 г/см³.

5. Бензин „галоша" — 42; графит серебристый — 10; графит черный — 33; клей резиновый 45-08—10; смола 101М — 5. ρ=1,1—1,2 кгс/см³. Вязкость по Вз-4—58 с.

6. Бензин „галоша" — 49,7; графит серебристый — 10; графит черный — 35; полиизобутилен П-200—0,3; смола 101М—5. ρ=1,07 г/см³. Вязкость по Вз-4—43 с.

Краски для форм при стальном литье.

7. Нитролак № 624—10; растворитель № 646—37; цирконовый концентрат — 53. ρ=1,9—2,0 г/см³.

8. Графит серебристый — 4; древесный пек—5; спирт гидролизный—60; тальк—31. ρ=1,16 г/см³.

Краски для форм при стальном и чугунном литье.

9. Бензин „галоша" — 21; клей резиновый 45-08—10; смола 101М — 2; цирконовый концентрат — 67. ρ=1,6—1,65 г/см³. Вязкость по Вз-4—98 с.

10. Бензин „галоша" — 28,8; полиизобутилен П-200—0,2; смола 101М — 2; цирконовый концентрат — 69. ρ=1,7 г/см³. Вязкость по Вз-4—95 с.

11. Краска для форм при литье медных сплавов. Бензин — 40; графит серебристый — 20; графит черный — 20; лак № 16—20.

12. Краска для форм при литье цветных сплавов. Бензин „галоша" — 43; клей резиновый 45-08—5; тальк — 46. ρ=1,1—1,14 г/см³. Вязкость по Вз-4—56 с.

13. Лак для самовысыхающих противопригарных покрытий. ПВАЦ бисерный — 1—3; растворитель — до 100; смола ФФ-1С — 26—32. (Прочность повышенная, оседание замедленное).

Для защиты от пригара форм из самотвердеющих смесей на жидком стекле применяют быстросохнущие краски на основе фурилофенолформальдегидной смолы ФФ-1С с комбинированным растворителем АКР (смесь сложных эфиров уксусной кислоты, этилового спирта и древесноспиртовых растворителей).

14. Краска для форм при стальном литье. Циркон обезжелезненный — 60; смола ФФ-1С — 20; растворитель АКР — 20.

15. Краска для форм при чугунном литье: графит аморфный — 39; графит кристаллический — 9; смола ФФ-1С — 17; растворитель АКР — 35.

При приготовлении красок в растворитель АКР вводится смола, смесь перемешивается 5—7 мин, затем добавляется наполнитель, и перемешивание длится еще 10—15 мин. Краска наносится кистью за один раз. Провяливание на воздухе — 1 ч.

Для сокращения расхода смолы и повышения качества поверхности получаемых отливок в состав краски вводят как связующее продукт поликонденсации фурилового спирта с ксилитом в присутствии малеинового ангидрида — фурилоксилитовую смолу.

Соотношение компонентов (% вес.): наполнитель (например, графит) — до 100; фурилоксилитовая смола — 4—7; растворитель (например, ацетон) — 40—50.

Количество наполнителя определяется удобной для нанесения консистенцией краски.

Краска для чугунного литья содержит в качестве наполнителя графит и некоторые силикаты (кианит, тальк), а для стального литья, в зависимости от химического состава стали, веса отливки, толщины ее стенок, — циркон, кианит, силлиманит, магнезит, маршалит.

Для получения устойчивой краски с высокой кроющей способностью наполнитель перемешивают в бегунах с насыщенным раствором смолы в ацетоне в течение 5—10 мин, а затем добавлением в полученную пасту ацетона приготовляют краску требуемой консистенции. Наносят ее на форму или стержень кистью или пульверизатором. Краска высыхает на холоде за 30—40 мин. При этом образуется прочное противопригарное покрытие и происходит упрочнение формы или стержня на глубину 2—4 мм.

Близкой по составу к предыдущей является краска, в состав которой в качестве связующего введен продукт конденсации фурилового спирта с фургидразином — смола ФАГИ. Это позволяет сократить расход смолы, улучшить качество поверхности отливок и повысить экономичность процесса.

Состав этой краски (% вес.): наполнитель (например, графит) — до 100; смола ФАГИ — 4—7; растворитель (например, ацетон) — 40—50.

Для приготовления краски, обладающей высокой кроющей способностью, наполнитель следует перемешивать в бегунах с насыщенным раствором фуриловой смолы ФАГИ в ацетоне в течение 5—10 мин. Из полученной пасты добавлением в нее ацетона готовят краску требуемой консистенции. Краска высыхает на холоде за 30—40 мин, образуя прочный слой противопригарного покрытия и упрочняя формы и стержни.

2.3. ПРОТИВОПРИГАРНЫЕ ОБЛИЦОВКИ

Противопригарные облицовки, в отличие от красок и паст, наносятся более толстым слоем и часто являются составным элементом формы или кокиля. В большинстве случаев они сохраняют стойкость при многократных заливках металлом. Приводим сведения о некоторых составах противопригарных облицовок.

Противопригарные облицовочные смеси (% вес.):

1. Жидкое стекло (сверх 100%)	8—10	8—10	8—10
Хромит	—	100	70
Хромомагнезит	100	—	30

$\sigma_{сж\ вл}$=0,2—0,3 кгс/см³; $\sigma_{в\ сух}$=10 кгс/см²; $K_{вл}$=50; W=5—6%.

2. ССБ (сверх 100%) — 7,5; хромомагнезит — 100. $K_{вл}$=50; W=4,5—5,5%; $\sigma_{сж\ вл}$=0,25—0,4 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=5—6 кгс/см².

3. Жидкое стекло (сверх 100%) — 7,1; NaOH (сверх 100%) — 5,3; хромомагнезит — 100. $\sigma_{сж\ вл}$=0,2—0,3 кгс/см²; $K_{вл}$=20; W=4,5—5%.

4. Патока (сверх 100%) — 2,1; ССБ (сверх 100%) — 4,3; хромомагнезит — 100. W = 5—5,5%; $\sigma_{сж\ вл}$=0,25—0,4 кгс/см².

5. ССБ (ρ=1,08—1,10 г/см³) (сверх 100%) — 10—15; хромит — 100. $K_{вл}$=20; W=5—6%; $\sigma_{сж\ вл}$=0,45—0,65 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=3 кгс/см².

6. Жидкое стекло (ρ=1,25—1,3 г/см³); (сверх 100%) — 18—20; хромит — 100. $K_{вл}$=0; W=6—7; $\sigma_{сж\ вл}$=0,55—0,65 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$ =4 кгс/см².

7. ССБ — 3; хромит — 97. $K_{вл}$=0—30; W = 5,5 — 6,5%; $\sigma_{сж\ вл}$=0,55 — 0,6 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$=5 кгс/см².

8. NaOH (сверх 100%) — 8; хромомагнезит — 100. Продувка углекислотой и тепловая подсушка — 10 мин. $K_{вл}$=10; W=0,4%; $\sigma_{сж\ вл}$=0,25—0,4 кгс/см²; $\sigma_{в\ сух}$= =5 кгс/см².

В числе других составов противопригарных облицовок, выдерживающих многократную заливку, следует указать на пленку чистого углерода. По одному из известных способов литейные полуформы, изготовленные любым способом из высокоогнеупорных окислов, перед сборкой помещают в сосуд с «кипящим» слоем графитовых или других огнеупорных частиц, приводимых в псевдосжиженное состояние углеводородным газом. Нанесение покрытия производят по ступенчатому режиму в два периода: первый — нагрев до 800—950° С со скоростью 100—150° С в час и выдержка при этой температуре в течение 1—2 ч; второй период — нагрев с практически максимально возможной скоростью до 1100—1200° С и выдержка в течение 2—3 ч.

При этом на поверхности полуформы образуется плотный слой пиролизного углерода, который сглаживает ее шероховатости и полностью исключает контакт расплавленного металла с материалом формы.

Общая продолжительность цикла нанесения покрытия по этому способу не превышает 4—5 ч.

Разнообразны также приемы нанесения противопригарных облицовок. Приводим один из вариантов, относящийся к облицовочной смеси следующего состава (% вес.).

Цирконовый порошок (61—67% ZrO_2; 33—39% SiO_2) — до 100; кварц молотый — 4,5—1,5; калиевый полевой шпат — 3,0—6,5; плавиковый шпат — 1,5—3,5; окись хрома — 0,5—1,5. Связующим служит жидкое стекло (ρ=1,2—1,4 г/см³; М=2,6—2,8) с добавкой 0,6—0,8% вес. двухромовокислого калия. Количество связующего — 25—30% от веса сухой смеси.

Сухие составляющие перемешивают 10 мин, затем после введения жидкого стекла еще 15 мин до однородной консистенции. На стенки литейной формы покрытие наносят следующим образом: модель покрывают тонкой пленкой парафина, затем погружают в приготовленную смесь и вместе с налипшим слоем смеси переносят в форму. Избыток облицовочной смеси при этом выдавливается наружу через специальные желобки и отверстия. Затем форму с моделью подогревают, парафиновая пленка плавится и модель извлекается из формы, а покрытие остается на стенках последней. Последующая сушка формы с покрытием ведется нагревом со скоростью 30° С/ч до достижения 380° С.

При толщине стенок шамотно-графитовой формы 20 мм и толщине покрытия 1,5 мм стойкость ее — свыше 500 отливок из серого чугуна.

2.4. ЗАЩИТНЫЕ ОБЛИЦОВКИ ДЛЯ КОКИЛЕЙ

Защитные облицовки для кокилей имеют своим назначением повышение стойкости кокилей, уменьшение загрязненности сплава, облегчение извлечения отливок. Характер облицовочного состава зависит от вида литья. При литье тугоплавких материалов в графитовые формы рекомендуется покрывать их рабочие поверхности волокнистыми углеграфитовыми материалами (угольной тканью УУТ-1, графитовой тканью ТГ-2, графитовым войлоком, графитовой ватой). Для отливки титановых изделий применяют графитовые стержни из массы АТМ-1, опрессованной в металлическом ящике при давлении 50—100 кгс/см², со смазкой кремнийорганической жидкостью с серебристым графитом.

Состав облицовочных покрытий (% вес.).

1. Для кокиля при литье чугуна и алюминия. Песок К016Б — 97; ПБ — 3; ацетон — 0,9; стеарат кальция — 0,015.

2. Для кокиля при литье чугуна. Вода (сверх 100%) — 12; глина формовочная обожженная — 7; кварцевый песок — 46; шамот молотый — 47. Стойкость — до 8 заливок.

3. Покрытие на цирконовой основе для керамических, металлических и металлокерамических форм (толщина 0,5—3 мм). Циркон — 80; кварц молотый — 13; калиевый полевой шпат — 4; плавиковый шпат — 2; окись хрома — 1. Связующее (сверх 100%) — 25—30 (жидкое стекло М=2,6—2,8; ρ=1,41 г/см³, содержащее не менее 0,6% бихромата калия).

2.5. ПРОТИВОПРИГАРНЫЕ КРАСКИ ДЛЯ ГАЗИФИЦИРУЕМЫХ МОДЕЛЕЙ

Назначение и характер красок при использовании газифицируемых моделей — те же, что и для других стержней и форм, но требования к их составу и свойствам несколько жестче, так как краска, наносимая на пористую поверхность, должна кроме своего основного назначения играть роль сглаживающего и упрочняющего покрытия.

Для покрытия пенополистирольных газифицируемых моделей применяют краски, не растворяющие пенопласт, например на 3—5%-ном растворе поливинилбутираля в этиловом или изопропиловом спирте. Они сравнительно дороги. Жидкостекольные

краски недостаточно газопроницаемы. Удовлетворительные результаты дает применение дешевых составов на сульфитной барде.

Противопригарные краски для газифицируемых моделей при чугунном литье (% вес.):

	1	2
Графит черный	30	30
Изопропиловый спирт	25	—
ССБ	45	70
Длительность сушки, мин	80	120

	3	4
Графит черный	30	30
Серная кислота	5	—
ССБ	—	25
Этиловый спирт	65	45
Длительность сушки, мин	90	80

5. Вода — до $\rho = 1{,}4$ г/см³; паста ГБ — 91; ССБ — 9. Сушка при 20—22° С.

Те же составы с 30% дистен-силлиманита или пылевидного кварца вместо графита применимы для окраски моделей при стальном литье.

Противопригарные краски для газифицируемых моделей при стальном литье (% вес.):

1. Борная кислота — 0,06—0,08; вспученный перлит — 7—9; ПВБТ — 2—3; фенолформальдегидная смола — 9—11; этиловый спирт — до 100.

2. Вода — до $\rho = 1{,}4$ г/см³; паста СТ — 45,5; ССБ — 9; цирконовый концентрат — 45,5.

	3	4
Ацетон	37	—
Вода	13	50
H_2SO_4 ($\rho=1{,}84$)	0,5	0,5
HCl ($\rho=1{,}19$)	0,5	0,5
Этилсиликат	50	50

Наполнитель — цирконовая пудра или маршалит до требуемой вязкости.

5. Бентонитовый гель — 5; графит — 10; изопропиловый спирт — 57; канифоль — 5; тальк — 25.

Упрочняющее покрытие для газифицируемых моделей. Асбест — 5—25; графит — 3—10; клей полистироловый — 0,05—0,15; органическое связующее — 0,5—3; шамот — 5—20.

2.6. ЛЕГИРУЮЩИЕ КРАСКИ И ПАСТЫ

Краски и пасты, содержащие вещества, вступающие во взаимодействие с расплавленным металлом, заливаемым в форму, и при этом изменяющие в нужном направлении его состав или структуру, называются легирующими. Составы их могут быть чрезвычайно разнообразны и метод поверхностного легирования покрытием краской или пастой относится к весьма перспективным.

Составы легирующих красок (% вес.):

1. Теллуровая краска для отбела поверхности отливок из легированного чугуна:

Теллур	30	75
Декстрин	20	5
Бентонит	25	20
Медь	20	—
Вода	до плотности 1,35—1,40 г/см³	

2. Теллуровая краска для уплотнения структуры в местах скопления металла при литье из перлитного серого чугуна. Теллур — 15; декстрин — 40; бентонит — 45; вода — до $\rho = 1{,}35$—$1{,}40$ г/см³.

3. Расплавляющаяся краска для получения износостойкой и коррозионностойкой наплавки на стальных отливках. Феррохром (63% Cr) — основа; фенольная смола (4%-ный спиртовой раствор) — до нужной плотности. Толщина покрытия — 5 мм.

4. Легирующие пасты-пленки при чугунном и стальном литье в песчано-глинистые формы (% вес.):

Бура	10—15	10—15	10—15
Поливиниловый спирт	10—15	—	—
Полиэтилен	—	—	10—20
Пульвербакелит	—	5—7	—
Феррохром углеродистый (60% Cr, 8% C)	80—70	85—78	80—65

Для удаления газов развальцованные пленки прокаливают при 350° С.

5. Легирующие пасты при чугунном литье (% вес.):

Патока	—	10	—	—
Пирит	—	90	70	—
Сера черенковая	100	—	—	90
Ферромарганец	—	—	10	10
Флюс	—	—	20	—

Толщина покрытия — 1 мм. Заливка — при 1350° С. Глубина легированного отбеленного слоя — до 1,2 мм.

Легирующие пасты при литье марганцовистой стали в сырые песчано-глинистые формы (% вес.):

6. Ферромарганец углеродистый (75% Mn, 6% C) — 46; феррохром углеродистый (60% Cr, 8% C) — 50; электрокорунд (зерно 0,02 мм) — 4. Связующее — жидкое стекло (2—3%-ный раствор) или пульвербакелит (ПБ). Расход пасты — 0,5—1,0 г/см². (Отливки приобретают высокую износостойкость).

7. Феррохром углеродистый (60% Cr, 8% C) — 90—99; электрокорунд (зерно 0,02 мм) — 1—10. Связующее — жидкое стекло (2—3%-ный раствор) или ПБ. Расход пасты — 0,5—6,0 г/см².

8. Легирующая паста для отливок из стали 30Л в песчано-глинистые формы (% вес.). Ферромарганец Мн4 — 50; феррохром ФХ650 — 50; толщина слоя пасты — 1,2—1,5 мм; толщина легированного слоя — 2,5—3,0 мм; заливка при 1500—1560° С.

9. Легирующая паста для чугуна СЧ 18-36 (% вес.). Ферромарганец Мн4 — 4; феррохром ФХ004 — 96.

3. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ СОСТАВЫ ЛИТЕЙНО-ФОРМОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Здесь приводятся сведения о некоторых составах, применяемых в процессе изготовления форм и стержней и подготовки их к заливке. Применение описываемых составов обычно совмещается с нанесением противопригарных покрытий.

3.1. СОСТАВЫ НАТИРОЧНЫХ СТЕРЖНЕВЫХ ПАСТ

Натирочными пастами называются составы, которыми натирают вручную поверхность литейных стержней в тех случаях, когда необходимо обеспечить особо высокую чистоту поверхностей стенок полостей в отливках.

Натирочные пасты (% вес.):

1. Графит серебристый — 75; ССБ или растительное масло — 25. После натирания — сушка при 220—240° С.

2. Тальк — 50; молотый шамот или серебристый графит — 35; глина — 15. 1 кг порошка смеси разбавляют 0,5 л воды.

3. Тальковая натирка (НТ) при чугунном литье. Тальк молотый — 50; графит кристаллический КЛЗ-1 или КЛЗ-2 — 35; огнеупорная глина — 15. Применяется для высушенных песчано-глинистых стержней.

4. Шамотная натирка (НШ) при чугунном литье. Шамот молотый — 35; графит кристаллический КЛЗ-1 или КЛЗ-2 — 50; огнеупорная глина — 15. Применяется для высушенных песчано-глинистых стержней.

5. Цирконовые натирки для стального литья:

	НЦ-1	НЦ-2
Циркон обезжелезненный	95	65
Крепитель ПТ или 4ГУ	5	—
Жидкое стекло (ρ=1,3—1,4 г/см³)	—	35

НЦ-1 — для сухих песчано-глинистых стержней; НЦ-2 — для стержней на жидкостекольной смеси после продувки углекислотой.

6. Натирки для алюминиевого и медного литья:

Графит серебристый	15	50—60
Тальк	70	40—45
Глина формовочная тонкомолотая	15	10—15
Вода (сверх 100%)	20—25	30—50

7. Натирки для магниевого литья:

Графит серебристый	—	30—20
Тальк	98—90	50—60
Глина формовочная тонкомолотая	2—5	17—16
Борная кислота	5	3—4
Вода (сверх 100%)	30—40	30—50

3.2. СКЛЕИВАЮЩИЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ

Отдельные элементы сложных или тяжелых стержней склеивают с помощью специальных клеев, а образовавшиеся швы заделывают замазками.

Склеивающие составы для стержней при чугунном и стальном литье (% вес., вода — до нужной вязкости).

1. ССБ (ρ=1,28—1,30 г/см³) — 50; глина каолинитовая — 50.

2. Декстрин — 40—50; глина — 60—50.

3. ССБ (ρ=1,3 г/см³) — 50; маршалит — 50.

4. ССБ — 45; глина огнеупорная — 55.

5. ССБ — 50; кварц пылевидный — 50.

Для стержней при цветном литье

6. Глина огнеупорная — 60—40; ССБ — 40—60.

7. Тальк — 30; бентонит — 70.

8. Для стержней из химически отвержденных смесей. Жидкое стекло — 50; вода — 50. В раствор вводится пылевидный кварц до плотности 1,65—1,75 г/см³.

9. Для сухих фигурных стержней. Декстрин — 50; вода (60—70° С) — 50. После склеивания просушка при 160—180° С.

10. Для полуформ при литье в оболочковые формы. Крепитель МФ-17 — 79; декстрин — 15; фосфорная кислота (20%-ная) — 6. Длительность склеивания горячих форм в прессе — 0,5—1,5 мин. Сохранность в жидком состоянии — 60—90 мин при 15—20° С.

Замазки для швов на стержнях (% вес.)

1. При чугунном и медном литье.

Замазки для швов. Песок 2К063 — 65; графит серебристый — 25; глина каолинитовая — 15. На 1 кг сухой смеси добавляют 0,3 л воды. Для повышения пластичности можно добавлять 0,5% мыльного порошка.

2. При стальном литье. Глина каолинитовая — 40; маршалит — 30; песок кварцевый — 30. Сухой порошок смешивают с 2% сульфитной барды (ρ=1,3 г/см³) и 13% воды.

3. При литье алюминиевых сплавов. Тальк — 63—70; песок П01 — 36—38; декстрин — 1—2. Сухой порошок смешивают с 1—2% сульфитной барды (ρ=1,3 г/см³) и 30—40% воды

Для стержней при литье магниевых сплавов в замазку добавляют 3—6% борной кислоты.

3.3. СОСТАВЫ ЗАЩИТНЫХ ПРИСАДОК ПРИ ЛИТЬЕ МАГНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Назначение защитных присадок — предотвращать возгорание или окисление жидких магниевых сплавов в процессе заливки и при соприкосновении со стенками форм и стержней.

Составы присадок (% вес.):

1. Фтористая присадка к формовочной смеси (химический состав) (не менее): F — 61,5; NH_4 — 22,5; B — 4.5—5,5. Вводится в смесь в количестве 4—8%.

2. Серная присадка. Порошок серы (не менее 98%) вводится в стержневую смесь (до 2%).

3. Борнокислая присадка. Борная кислота (не менее 99% H_3BO_3) вводится

в формовочные и стержневые смеси (до 0,3%).

4. Карбамидная присадка. Карбамид, сернокислый аммоний, борная кислота вводятся в формовочную смесь (4—6%).

Применяется также присадка, состоящая из сернокислого аммония с борной кислотой в соотношении 3 : 1 по весу. При нагревании сернокислый аммоний разлагается с выделением аммиака, серного ангидрида и воды. Серный ангидрид реагирует с магнием или окисью магния с образованием на всей поверхности отливки тонкой пленки сульфата магния, предохраняющей ее от окисления.

3.4. ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИЕ СМЕСИ

Экзотермическими смесями (не смешивать с экзотермически твердеющими смесями, стр. 35) называют в металлургическом производстве и литейном деле составы, выделяющие при нагревании значительное количество тепла вследствие возбуждаемых в них нагревом химических реакций. Применяются такие смеси для местного нагрева или замедления охлаждения участков слитков или отливок (преимущественно прибыльных частей) для удлинения времени нахождения в них металла в жидком состоянии.

Основой экзотермических смесей обычно служит смесь порошка металла с окислителем. Выделение тепла — результат сгорания (окисления) металла.

Составы экзотермических смесей (% вес.):

1. Для оформления прибылей при стальном, чугунном и медном литье. Алюминиевая стружка — 8—17,5; кузнечная окалина — 40—48; азотнокислый натрий — 7,5; фтористый кальций — 1—2; кокс мелкий — 3—7; кварцевый песок — 12,5—28; огнеупорная глина — 5; жидкое стекло — 5.

2. Брикеты для отливки стальных слитков:

А. Экзотермический слой: алюминий (порошок) — 20—30; вода — 0,5—1,5; кокс — 6—8; нефелиновый шлам — 9—11; железная окалина — до 100; ПАВ — 0,65—1,0; жидкое стекло (сверх 100%) — 10—15.

Б. Теплоизоляционный слой: вода — 0,5—4,0; нефелиновый шлам — 9—11; ПАВ — 0,05—1,0; шамотный порошок или песок — до 100; жидкое стекло (сверх 100%) — 10—15. Применяется для отливки спокойной стали.

3. Для прибыльных надставок (вес. ч.). Алюминий (порошок) — 15—30; глина — 5—30; древесные опилки — 10—25; железная окалина — 20—40; огнеупорный наполнитель — 10—20; связующее — 12—25.

4. Для прибыльных надставок. Алюминий (порошок) — 35—50; древесные опилки — 12—20; железная руда — 2—4; кокс молотый — 5—10; марганцевая руда — 2—6; натрий хлористый — 0,5—2,5; парафин — 10—14; плавиковый шпат — 2—4; шамот — до 100.

Повышенная теплотворная способность и теплоизолирующие свойства.

5. Шлакообразующая смесь для разливки стали. Железная окалина — 5—20; криолит — до 100; натрий азотнокислый — 5—15; силикокальций — 15—25. Для стали, раскисленной повышенным содержанием алюминия.

6. Шлакообразующая смесь (вес. ч.). Алюминий (порошок) — 8—12; алюминиево-магниевый порошок — 4—6; доменный шлак — 15—50; натрий азотнокислый — 10—15; плавиковый шпат — 10—25; силикат-глыба — 15—30; флюс электрошлаковый отработанный — 10—20.

Состав отработанного флюса: плавиковый шпат — 60—70; окись алюминия — 15—30; окись кальция — 15—30.

7. Смесь для обмазки прибыльных надставок (вес. ч.). Алюминиевый порошок — 10—12; глина огнеупорная — 10—12; древесные опилки — 2—3; окислитель — 34—36; связующее — 20—20,5; сплав (Ca — Mn — Si — Al) в порошке — 13—14; шамот — 26—28.

3.5. ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩИЕ СМЕСИ

Основным назначением теплоизолирующих смесей в литейном деле является замедление отвода тепла от тех или иных участков залитых металлом форм для более длительного поддержания металла в жидком или пластичном состоянии и уменьшения вероятности возникновения горячих трещин и других дефектов.

В принципе применимы любые теплоизолирующие составы достаточной жаростойкости.

1. Теплоизолирующая смесь для прибылей стального литья (% об.). Вспученный перлит или вермикулит — 55—65; древесная мука — 20—30; глина огнеупорная — 8; жидкое стекло — 7.

2. Теплоизолирующее покрытие для литейных форм (% вес.). Вода — до 100%; жидкое стекло — 7—15; фторапатитовый наполнитель — 25—33. Наполнителем служит апатито-нефелиновая руда (45—55% фторапатита, остальное — нефелин) или апатитовый концентрат (97—99% фторапатита). Покрытие наносится на металлические формы. Стойко в эксплуатации.

3. Теплоизолирующая смесь, используемая при разливке стали (% вес.). Вермикулит — до 100; петролатум — 5—30. Осуществляет изоляцию и смазку изложниц и защиту зеркала металла.

4. Теплоизолирующее покрытие кокилей (% вес.). Вода — до 100%; жидкое стекло — 5—7; казеиновый клей — 15—17; калия перманганат — 0,15—0,25. Покрытне предотвращает отбел чугуна и улучшает качество отливки.

5. Теплоизолирующая смесь для разливки стали (% вес.). Графит аморфный — 10—20; перлит вспученный — до 100.

6. Теплоизолирующая смесь для защиты зеркала металла (вес. ч.). Графит — 25—30; криолит — 15—20; плавиковый шпат — 15—20; слюда — 40—50. Повышенная жидкоподвижность смеси, улучшенная теплоизоляция металла.

3.6. УПРОЧНИТЕЛИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ

Основным назначением упрочняющих составов при изготовлении литейных форм и стержней является повышение их поверхностной твердости и уменьшение осыпаемости, что в особенности важно при работе с формовочными смесями, содержащими малое количество связующего или недостаточно уплотненными.

Составы упрочняющих смесей (% вес.):

1. Упрочнитель поверхности для сырых форм и стержней. Крепитель ГТФ — 50; NaOH — 0,7—0,9; вода — 50. Наносится пульверизатором на поверхность. После высыхания повышает поверхностную твердость формы.

2. Покрытие для литейных форм и стержней. КВС (ρ=1,12—1,20 г/см^3) — до 100; ССБ (ρ=1,12—1,20 г/см^3) — 50—67. (КВС — растворимая смола пиролиза древесины, обработанная известковым молоком). Сокращенное время сушки, повышенная прочность.

3. Покрытие для литейных форм. Вода — до 100%; графито-бентонитовая паста — 13,8—31,0; жидкое стекло — 0,8—1; кальций хлористый — 0,1—0,3; силлиманит — 8—10. Повышенная пластичность и прочность.

4. Покрытие для керамических форм по выплавляемым моделям. Алюминий (порошок) — 3—12; жидкое стекло (ρ= = 1,2 г/см^3) — 38—40; кварц пылевидный — до 100%; окалина железная — 9—36. Повышенная прочность и трещиноустойчивость.

Некоторые индексы **МКИ,** которыми сведения гл. III классифицируются в патентной литературе.

Класс В 22	Литейное производство
Подкласс В 22 с	Изготовление литейных форм
Группа 1/00	Формовочные смеси и материалы
1/04	с добавками для защиты отливки
1/14	для извлечения или отделения моделей от форм
Группа 3/00	Выбор составов для покрытия поверхности литейных форм, стержней или моделей

Некоторые индексы **УДК,** которыми сведения гл. III классифицируются в печатных изданиях.

621.74	Литейное производство в целом
621.743.079	Формовочные краски и другие защитные (противопригарные) материалы (в производстве стержней)
621.744.079	Вспомогательные материалы, например формовочные краски, пасты и обмазки (при формовке)
621.744.521.4	Припыливание моделей. Виды припылов
621.744.527.7	Окрашивание формы. Краски. Графит и т. д.
621.746.589	Экзотермические смеси
621.747.58	Исправление дефектов отливок

ГЛАВА IV

СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ЖИДКОСТИ (СОЖ) И СМАЗКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ И ДАВЛЕНИЕМ

Снижение трения между режущим инструментом и обрабатываемой заготовкой, снижение твердости поверхности заготовки, облегчающее резание, отвод тепла, возникающего в процессе резания, и ряд других воздействий, способствующих повышению стойкости режущего инструмента и производительности обработки, осуществляется введением в зону резания различных химических соединений — твердых, жидких или газообразных. Из них наибольшее распространение в производственной практике получили жидкости, именуемые смазочно-охлаждающими жидкостями (СОЖ). Разработка и применение оптимальных составов СОЖ представляет в современной технологии обработки одну из важнейших задач и одно из наиболее перспективных направлений повышения эффективности процессов механического резания материалов.

Не меньший эффект и во многом аналогичный по механизму действия СОЖ дает использование различных смазывающих веществ (технологических смазок) в процессах обработки металлов давлением. Достигаемые при этом снижение требуемых усилий, повышение стойкости оснастки и инструмента, снижение процента брака имеют большое практическое значение.

В данной главе приводится большое число рецептов составов СОЖ, применяемых при обработке резанием, и технологических смазок, используемых при обработке давлением. Многочисленность вариантов составов, иногда не слишком резко различающихся между собой, обусловлена тем, что единых составов (универсальных), пригодных для всех практических случаев, не существует, и СОЖ, дающая хорошие результаты при обработке сплавов одного типа, может оказаться непригодной для сплавов других типов. Иногда достигается повышенный эффект от изменения состава СОЖ даже при обработке одного и того же сплава, но инструментами различных видов.

Столь большое разнообразие составов дает технологу широкий простор для подбора оптимальной СОЖ, тем более что все они, в соответствии с принятой на практике классификацией, могут быть сведены по физико-химической природе всего лишь в четыре основные группы, подробно описываемые ниже.

Благодаря такому группированию, подбирая состав СОЖ для той или иной конкретной цели, исходят вначале из таких важнейших характеристик жидкости, как смачивающая способность, охлаждающие свойства, влияние на коэффициент трения, коррозионная агрессивность и т. д., а также из общих представлений о желательном характере влияния СОЖ на данную конкретную операцию.

Этим определяется выбор оптимальной группы составов. Подбор же конкретного рецепта внутри группы обычно связан с экспериментальным опробованием нескольких составов и сопоставлением результатов. То же относится и к смазкам при обработке давлением.

1. СОСТАВЫ СОЖ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ РЕЗАНИИ МЕТАЛЛОВ

Механизм влияния СОЖ на процесс резания металла сложен и складывается из многих, параллельно протекающих физических и химических явлений, в которых участвует поверхность обрабатываемого металла, сама СОЖ и поверхность обрабатывающего инструмента. Достаточно обоснованы представления о смазывающем действии СОЖ, снижающем трение в зоне резания; об охлаждающем действии — в качестве теплоотвода от зоны резания; о поверхностно-активном действии, приводящем к изменению пластических свойств поверхностного слоя заготовки; о химическом преобразовании металла в зоне резания путем превращения его в различные соединения; об электроизоляционном действии, прерывающем течение термотока в паре резец — заготовка и т. д. и т. п.

Несмотря, однако, на наличие большого практического опыта применения СОЖ и определенной теоретической ясности в отправных положениях их выбора, все же в действии СОЖ остается еще много неясных вопросов, что стимулирует дальнейшую разработку вопроса и опробование новых составов.

Рецепты этих составов, как правило, не ограничиваются введением одного-двух

компонентов, а включают иногда значительное число их. Это обусловливается тем, что требования, предъявляемые к оптимальной СОЖ, включают в себя не только максимальное проявление перечисленных выше воздействий на процесс резания, но и включают дополнительно требования о термоустойчивости, отсутствии коррозионного действия, нетоксичности, технологичности, долговечности, экономичности и т. д. и т. п. Удовлетворение всему подобному комплексу требований вынуждает обычно вводить в состав СОЖ несколько разнообразных веществ, каждое из которых несет определенную функциональную нагрузку в совместном действии. Ниже приводится перечень основных компонентов, используемых в СОЖ.

Условные обозначения компонентов, наиболее часто применяемых в составах СОЖ и технологических смазок:

АЛЗМ — ализариновое масло (ГОСТ 6990—54; ТУ 6—08—10.241—72)
АСМ — асидол масляный (ГОСТ 13302—67)
ГМТА — гексаметилентетрамин (уротропин) (ГОСТ 1381—73)
КАНФ — канифоль (ГОСТ 19113—73)
КЕРС — керосин (ГОСТ 18499—73; ГОСТ 4753—68)
КМС — касторовое масло (ГОСТ 6757—73; ГОСТ 18102—72)
ММН — масло минеральное (ГОСТ 1707—51; ГОСТ 2854—51; ГОСТ 8675—62)
МНФТ — мылонафт (ГОСТ 13302—67)
МЭА — моноэтаноламин
ОЛЕ — олеин; олеиновая кислота (ГОСТ 7580—55)
ОП — продукты ОП-7 и ОП-10 — оксиэтилированный полиэтилен — ПАВ (ГОСТ 8433—57)
ПАВ — поверхностно-активные вещества
ПОКС — петролатум окисленный
СЖК — синтетические жирные кислоты (ГОСТ 9975—62)
СКИП — скипидар (ГОСТ 1571—66; ГОСТ 16943—71)
СММС — сульфированное минеральное масло
СФРЗ — сульфофрезол (ГОСТ 122—54)
ТЛМС — талловое масло
ТЭА — триэтаноламин (МРТУ 6—02—403—67)
ТЭАО — триэтаноламинолеат
ЭМС — эмульсол готовый (ГОСТ 1975—53)

1.1. ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ СОЖ

Все практически применяемые в настоящее время СОЖ могут быть, как отмечалось выше, сведены по своей физико-химической природе в следующие группы:

I — Водные растворы:

1-а — электролиты (растворы различных солей) без добавок.

1-б — электролиты с добавками ПАВ.

1-в — водорастворимые масла и водные суспензии твердых смазок.

II. Эмульсии типа ВМ («вода—масло»).

III. Активированные эмульсии (с химически активными присадками).

IV. Масла, другие органические жидкости, масляные суспензии твердых смазок.

Ниже приведены составы некоторых СОЖ, представляющих каждую из этих групп.

Составы СОЖ группы 1-а (вода во всех составах — остальное, до 100% вес.).

1. Сода кальцинированная — 1,5.
2 Бура — 5.
3. Барий хлористый — 5.
4. Тринатрийфосфат — 1,5.

	5	6	7	8
$Na_2B_4O_7$	—	0,25	—	—
Na_2CO_3	1,0	0,25	2,0	—
$NaNO_2$	0,5	0,25	1,0	0,25
Na_3PO_4	0,5	0,6	—	0,8

9. $BaCl_2$ — 5; $NaNO_2$ — 1,5.

Составы СОЖ группы I-б (вода во всех составах — остальное, до 100% вес.).

1. $NaNO_2$ — 0,5; Na_2CO_3 — 0,5; ПАВ (сульфонол) — 0,35.
2. Мыло — 4; Na_2CO_3 — 1,5.

	3	4	5
Мыло	—	—	0,5—0,9
ПАВ НБ	0,5	—	—
ТЭА	—	1	—
$BaCl_2$	—	3	—
$NaNO_2$	10	3	0,3—0,4
Na_3PO_4	—	—	0,3—0,5

	6	7	8	9
ГМТА	0,3	—	—	0,2—0,5
МЭА	—	—	—	—
ОП	—	0,1	0,1	—
ТЭА	0,16	0,2	0,5—0,7	—
$Na_2B_4O_7$	—	0,2	—	0,2—0,5
Na_2CO_3	—	0,3	—	0,2—0,5
$NaNO_2$	0,16	0,4	0,25	—
Na_3PO_4	—	0,1	—	0,5—1,0

	10	11	12
МНФТ	2	1,5	1,0
ОП	0,1	—	—
ТЭАО	2	1,0	—
H_3BO_3	0,5	0,5	0,2
Na_2CO_3	0,2	0,2	0,6
$NaNO_2$	0,2	0,3	0,4

	13	14
МНФТ	2	0,2
ОЛЕ	1	0,2
ОП	—	0,2
ТЭА	0,5	0,5
Na_3PO_4	—	0,2

Составы СОЖ группы 1-в (вода во всех составах — остальное, до 100% вес.).

	1	2	3	4
АСМ	0,5	5	5	2,5
$Na_2B_4O_7$	0,25	—	—	—
Na_2CO_3	—	0,2	—	—
$NaNO_2$	0,25	—	—	—
Na_3PO_4	0,6	—	0,2	0,5

Составы СОЖ группы II (% вес.)

	1	2
ММН ИС	75—80	80—85
ТЛМС	12—14	6,5—7,5
C_2H_5OH	1,5	1,5
NaOH	0,9—1,0	0,9—1,0

	3	4	5
АСМ	5	14—16	—
H_2O	7	—	30
КЕРС	—	—	60
ММН ИС	62	До 100	
ПОКС	22	—	10
NaOH (ρ=1,35)	4,0	До омыления	

	6	7	8
КАНФ	9	—	5
ММН ИС		До 100	
ОЛЕ	6	6—8	6
ТЭА	—	3—3,5	—
КОН (35%-ный)	3,8	—	2,5
C_2H_5OH	2,2	—	4

	9	10	11
H_2O		До 100%	
КМС	8	15	30
ЭМС	25	30	30
Na_2CO_3	0,5	0,5	0,5

12. Вода — 24,4; мазут — до 100%; едкий натр — 3,6; олифа — 24.

13. Едкий натр (ρ=1,73) — 4,2; олеин — 7; этиловый спирт — 3,4.

14. Асидол масляный — 27; вода — 9,1; графит-коллоид в масле — 5,5; масло ИС — 54,5; едкий натр (ρ=1,34) — 3,6.

15. Вода — до 100%; канифоль — 10; масло ИС — 73; NaOH(ρ=1,73) — 4; ОЛЕ — 7; C_2H_5OH — 3,4.

Составы СОЖ группы III (вода во всех составах — остальное, до 100% вес.).

	1	2
ОП	—	5
СММС	70	70
Na_2CO_3	5	—*
$NaNO_2$	0,5	0,5
Na_3PO_4	0,5	0,5

3. АЛЗМ — 9,5; ММН — 37; ОЛЕ — 8,5; NaCl — 2,3; $NaNO_3$ — 3,8.

4. КЕРС — 0,4—0,6; ОЛЕ — 0,3—0,5; СФРЗ — 0,2—0,4; ТЭА — 0,5—1,5; $Na_2B_4O_7$ — 0,1—1,5.

5. ММН — 16—18; ОП — 0,02—0,15; СЖК — 8,5—9; тальк — 10—11,5; Na_2CO_3 — 1—1,2.

	6	7
Осерненное минеральное масло	5	—
Скипидар	5	1,4—5,0
Сульфофрезол	—	1,4—5,0
Эмульсол	15	4,2—15

* Активирующая присадка — 1—5%.

Составы СОЖ группы IV (% вес.)

	1	2	3	4
КЕРС	60	40	10	50
ММН ИС	—	—	80	50
ОЛЕ	20	30	10	—
СКИП	20	30	—	—

	5	6	7	8
КЕРС	25	15	15	—
ММН ИС	—	—	25	—
ОЛЕ	15	55	30	3—15
СФРЗ	60	30	30	85—97

	9	10	11
КАНФ	—	—	7
КЕРС	99	75	90,5
ОЛЕ	—	25	2,5
СЖК	1	—	—

12. Дизельное топливо — 10; сульфофрезол — 90.

13. Керосин — 10; ПОКС — 3; сульфофрезол — 87.

14. Керосин — 10; сульфофрезол — 90.

15. Керосин — 30; ММН ИС — 50; скипидар — 15; углерод четыреххлористый — 5.

16. Скипидар — 80; углерод четыреххлористый — 20.

Составы некоторых СОЖ, производимых промышленно:

Жидкость СОНоп (ТУ 525—52) — индустриальное масло «12», активированное присадкой окисленного петролатума. Получается простым смешиванием. Назначение — обработка черных металлов резанием.

Паста «Резец» (ТУ 159—44) — 10—18% натриевых мыл нафтеновых кислот и керосинового дистиллята, 10—25% воды и минерального масла средней вязкости. Назначение — в 3—5%-ной эмульсии для резания черных металлов при немассовых операциях.

СОЖ-1 — эмульсол на маловязком масле — велосите; эмульгатор — олеат триэтаноламина и сульфированное касторовое масло.

СОЖ В-29б, В-32к, В-35 (ТУ 38—1—01—88—70) — активированные серой, хлором и другими элементами минеральные масла различной вязкости. Назначение — механическая обработка резанием труднообрабатываемых материалов (нержавеющих сталей, жаропрочных сплавов).

СОЖ В-31 (ТУ 38—1—01—89—70) — маловязкая нефтяная основа с поверхностно-активными, хлорсодержащими и другими присадками. Назначение — обработка алюминиевых сплавов (вместо скипидара, олеиновой кислоты и смеси ее с касторовым маслом).

Сульфофрезол (ГОСТ 122—54) — смесь нефтяных масел — дистиллятного средней вязкости и остаточного осерненного (не менее 1,8% S) высокой вязкости (нигрол, масляный гудрон). Назначение — обработка черных металлов резанием.

Эмульсол кислый синтетический ЭКС (А и Б) (МРТУ 38—1—199—66) — минеральное масло вязкостью 17—23 сСт из

смеси масел ИС. Присадки: для ЭКС-А — синтетические жирные кислоты C_{20} и выше, для ЭКС-Б — окисленный петролатум.

Эмульсол НГЛ-205 (ТУ 38—1—242—69) — раствор сульфоната натрия в масле АС — 6,5, пассивирующие добавки, вода. Назначение — в 3—10%-ных водных эмульсиях, при различных операциях резания черных и цветных металлов.

Эмульсол СДМУ-2, эмульсол Т (МРТУ 38—1—258—67) — раствор сульфоната натрия в масле АС — 6,5, дисульфид молибдена ультразвукового помола (не менее 0,5%), пассивирующие добавки, эмульгатор — олеат триэтаноламина.

Эмульсол на талловом масле (ТУ 38—1—228—69) — нейтрализованное едким натром талловое масло в нефтяном масле средней вязкости. Часть кислот — в свободном состоянии. Стабилизаторы — спирт и вода.

Эмульсолы Э-1(А), Э-2(Б), Э-3(В) (ГОСТ 1975—53). Основа всех марок — минеральное масло вязкостью 17—23 сСт при 50° С. Эмульгатор — высокомолекулярные нафтеновые кислоты масляного асидола, частично или полностью нейтрализованные 0,75—1,3% NaOH. Для Э-3 — сульфонафтеновые кислоты, нейтрализованные 0,5—0,7% NaOH. Стабилизаторы — спирт, вода, этиленгликоль, полигликоли; при длительном хранении — свободные высокомолекулярные кислоты. Содержание органических кислот (общее): Э-1 — 10—12; Э-2 — 7—10; Э-3 — 4—7.

Эмульсол осерненный (ТУ МНП 468—53) — эмульсол Э-2 и сульфофрезол. Назначение — резание сплавов типа ЭИ437.

1.2. СОСТАВЫ СОЖ ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Ниже приведены некоторые из весьма большого количества специализированно применяемых на практике составов СОЖ для определенных операций. Однако следует иметь в виду, что все эти составы редко ограничивают свою эффективность лишь данной операцией и могут быть пригодны также для ряда других. Содержание всех компонентов приводится в % вес.

Точение (токарная обработка)[1]. Предварительное точение: 1. Водные растворы эмульсола № 4 (Гр. II, с. 54) в концентрациях от 1 до 20%.

2. Водные растворы эмульсола № 15 (Гр. II, с. 54) в концентрациях 15 и 20%.

3. Водный 5%-ный раствор эмульсола № 3 (Гр. II, с. 54).

Черновое точение и растачивание чугунов и углеродистой стали.

4. 5%-ная или 10%-ная эмульсия на основе состава: асидол масляный (с 15—50% нафтеновых кислот) — 14—16; раствор NaOH — из расчета омыления 75—95% кислот; масло ИС-20 — остальное.

[1] Здесь и далее для краткости приводится только название операции, при осуществлении которой применяют данные составы СОЖ.

5. 5%-ная эмульсия на основе состава: ПОКС — 22,4; асидол масляный АСМ — 5, ММН ИС-20—62,3; NaOH (ρ=1,38 г/см³)—3,5; H_2O — 6,8.

6. 7%-ная осерненная эмульсия на основе состава: СФРЗ—1,4—5,0; ЭМС—4,2—15; СКИП — 1,4—5; H_2O — остальное.

7. 15%-ная эмульсия на основе состава: ализариновое масло (АЛЗМ) — 25; ММН ИС-20—17; осерненное соевое масло — 13,5; NaOH (20%-ный) — до прозрачности; H_2O — 32.

Чистовое точение и растачивание углеродистых и легированных сталей:

8. 5%-ная эмульсия на основе состава: ПОКС — 22,4; АМС — 5,0; ММН ИС-20—62,3; NaOH (ρ=1,38 г/см³) — 3,5; H_2O — 6,8.

9 Осерненная 7%-ная эмульсия на основе состава: СФРЗ — 1,4—5,0; ЭМС—4,2—15; СКИП — 1,4—5,0; H_2O — до 100%.

Чистовое точение и растачивание нержавеющих и жаропрочных сталей:

10. Керосин окисленный — 100.

11. Керосин — 60; скипидар — 20, олеин — 20.

12. Керосин — 75; олеин — 25.

13. Масло ИС-12 — 90; углерод четыреххлористый — 10.

14. Сульфофрезол — 80—85; углерод четыреххлористый — 20—15.

Точение легированных и нержавеющих сталей.

15. Na_2CO_3 — 0,1—0,8; Na (КМЦ) — 0,03—0,3; $NaNO_2$ — 0,1—0,5; СКИП — 0,1—0,5; H_2O — до 100%.

Фасонное точение. Точение широкими быстрорежущими резцами углеродистой и легированной стали: 16. Керосин окисленный — 100.

17. Масло ИС-12—95; смазка АМС-3—5.

18. Осерненный мазут — 20; обезвоженный мазут — 30; керосин — 45—47; олеин — 3—5.

19. Масло ИС-12 — 95; осерненный рыбий жир — 5.

Фасонное точение. Точение широкими быстрорежущими резцами кислотостойких и жаропрочных сталей 20. Керосин — 75; олеин — 25.

21. Масло ИС-12 — 90; углерод четыреххлористый — 10.

22. Сульфофрезол — 80—85; четыреххлористый углерод — 20—15.

Точение алюминиевых сплавов: 23. Ализариновое масло — 5; вода — 95.

Работа прорезными и отрезными резцами по углеродистым и легированным сталям (кроме кислотостойких и жаропрочных): 24. Масло ИС-12 — 95; смазка АМС-3 — 5.

25. Осерненный мазут — 20; обезвоженный мазут — 30; керосин — 45—47; олеин — 3—5.

26. Сульфофрезол — 85—97; олеин, или растительное масло, или рыбий жир — 3—15.

27. ММН ИС-12 — 80; ОЛЕ — 10; КЕРС — 10.

28. Масло ИС-12 — 95; осерненный рыбий жир — 5.

Работа прорезными и отрезными резцами по кислотостойким и жаропрочным сталям: 29. Керосин — 75; олеин — 25.

30. Масло ИС-12 или ИС-20 — 90; четыреххлористый углерод — 10.

31. Сульфофрезол — 80—85; четыреххлористый углерод — 20—15.

Приводим один из конкретных составов такого типа:

Различные виды резания. Для обработки резанием высокопрочных и труднообрабатываемых сплавов известны смазки с активирующими присадками типа следующих:

	32	33
Канифоль	62—52	20—27
Мыло хозяйственное	—	20—25
Стеарин	—	15—10
Сульфофрезол	35—40	40—35
Хлорамин-Б	3—8	5—3

Состав (32) — твердый, в форме брусков, получают расплавлением канифоли с сульфофрезолом, добавкой хлорамина-Б и отливкой в металлические формы. Состав (33) — мягкий — применяется выдавливанием из тюбиков, в которые заливают расплав.

34. Для резания меди и ее сплавов. Абразивный порошок — 0,5—2; керосин — 5—24,5; олеат кальция — 75—93.

35. Для распыления при резании сплава ВТ14. $Na_2B_4O_7$ — 0,1; $NaNO_2$ — 0,15; Na_2CO_3 — 0,3; Na_3PO_4 — 0,4; ТЭА — 0,2; ОП — 0,1. (Стойкость резцов в два раза выше, чем при поливе стандартной эмульсией.)

36. Для резания нержавеющих сталей и никелевых сплавов. Вода — до 100%; водорастворимая соль кобальта (в пересчете на кобальт) — 0,05—5; сода кальцинированная — 0,1—0,3; керосин — 0,5—10; соли щелочных металлов высших жирных кислот, мылонафт или ТЭА — 0,4—4. (Повышает скорость резания и стойкость режущего инструмента.)

37. Концентрат СОЖ — 3—5; вода — до 100%; Na_2CO_3 — 1,5. Состав концентрата (% вес.): нефтяное масло — 85,8—93,8; полиоксиэтилированный алкилфенол — 4,8—8,8; спирты вторых неомыляемых — 1,4—5,4. (Повышенная стабильность.)

38. Сахароза — 0,5—1,0; $NaHSO_3$ — 0,05—0,1; $NaNO_2$ — 1,0—2,0; вода — до 100%. (Повышенное качество обрабатываемой поверхности).

39. $NaNO_2$ — 0,15—0,2; Na_2CO_3 — 0,3—0,5; Na(КМЦ) — 0,15—0,3; амид акриловой кислоты — 0,1—0,4; глицерин — 0,2—0,4; вода — до 100%.

40. Для механической обработки меди и ее сплавов. Вода — до 100%; крахмал или сахар — 0,5—10; соли щелочных металлов высших жирных кислот — 0,1—30; этиленгликоль — 1—2.

41. Для резания металлов и металлокерамических сплавов. Основа (до 100%) — очищенное дистиллятное масло, фракции, кипящей при 290—410° С, вязкостью 7,8—8,5 сСт при 50° С. Присадки: БФК-1 — 4—6; ПМС-200А — 0,005—0,015; хлорэф-40 — 2—3.

Фрезерование. (Для всех видов фрезерования применимы также многие СОЖ, используемые при точении.) Предварительное фрезерование углеродистой и легированной стали. 42. 5%-ный водный раствор эмульсола № 14 (Гр. II, с. 54).

43. 15 и 20%-ные водные растворы эмульсола № 4 (Гр. II, с. 54).

44. 5 и 15%-ные водные растворы эмульсола № 14 (Гр. II, с. 54).

Чистовое фрезерование. Применимы составы, используемые при чистовом точении.

Сверление. Сверление углеродистых и легированных сталей.

45. ЭМС — 5; $BaCl_2$—2; $NaNO_2$ — 1; H_2O — до 100%.

46. Эмульсол — 5; осерненный эмульсол — 7; вода — до 100%.

Сверление нержавеющей и легированной стали. 47. Na_2CO_3 — 0,1—0,8; Na(КМЦ) — 0,03—0,3; $NaNO_2$ — 0,1—0,5; СКИП — 0,1—0,5; H_2O — до 100%.

Сверление стали 45Г17Ю3 сверлами из быстрорежущей стали Р18.

48. Масло ИС-20; присадка ЛЗ-23К (до содержания серы ~2%).

49. Масло ИС-20; присадка ЛЗ-ТХМС-3 (до содержания серы 1,1%; хлора — 0,2%).

Сверление жаропрочной стали ЭИ481:

50. Масло ИС-20 — 95; дисульфид молибдена — 5.

51. Масло ИС-20 — 70; порошок сплава Вуда — 30.

52. Масло ВНИИНП-401 — 90; присадка ЛЗ-23К — 10.

53. $Na_2B_4O_7$ — 0,5; ТЭА — 0,2; $NaNO_2$ — 0,15; Na_2CO_3 — 0,3; Na_3PO_4 — 0,3; ОП — 0,1; H_2O — до 100%.

54. Вибрационное сверление жаропрочной стали ЭИ481:

	А	Б
Масло ИС-20	95	95
Графит	5	—
Дисульфид молибдена	—	5

Сверление маломагнитного сплава на никелевой основе.

55. Масло ИС-20; присадка ЛЗ-23К (до содержания серы 2%).

56. Масло ИС-20; присадка ЛЗ-309/2 (до содержания серы 2,5%, хлора — 1,4%).

57. Масло ИС-20; присадка ЛЗ-318 (до содержания серы 2%, хлора — 1%).

Сверление марганцовистых и высоколегированных сталей.

58. ММН — 35; ПОКС — 5; СФРЗ — 60.

59. Керосин — 50; олеин — 5; осерненный мазут — 25; обезвоженный мазут — 20.

Развертывание. Зенкерование и развертывание углеродистых сталей. **60.** Керосин — 75; олеин — 25.

61. Сульфофрезол — 90; керосин — 10.

62. 5 и 10%-ные эмульсии на составе: мыло жидкое (20—30%-ное) — 30—40; вода — 20—25; мазут — до 100% или на составе: мыло хозяйственное (воды 50%) — 10; масло ИС-20 — 90.

63. Осерненный мазут — 20; обезвоженный мазут — 30; керосин — 45—47; олеин — 3—5.

64. Сульфофрезол — 85—97; олеин — 3—15.

65. ММН ИС — 80; ОЛЕ — 10; КЕРС — 10.

66. Развертывание нержавеющих сталей: Na_2CO_3 — 0,1—0,8; Na (КМЦ) — 0,03—0,3; $NaNO_2$ — 0,1—0,5; СКИП — 0,1—0,5; H_2O — до 100%.

Развертывание алюминиевых сплавов:

67. 10 и 15%-ные эмульсии на пасте состава: ОЛЕ — 10; КЕРС — 60; H_2O — 30; едкий натр — по числу омыления с оставлением кислотности 1—4 мг КОН.

68. 10%-ная эмульсия на составе: ОЛЕ — 6—8; ТЭА — 3—3,5; ММН ИС — до 100%.

69. 25%-ные эмульсии на эмульсоле состава: СФРЗ — 1,4—5,0; ЭМС — 4,2—15,0; СКИП — 1,4—5,0; H_2O — до 100%.

70. 25%-ная эмульсия на эмульсоле состава: масло индустриальное осерненное (0,5% серы) — 20; эмульсол — 15; скипидар — 5; вода — 75.

Строгание и долбление. Черновое строгание и долбление стали и чугуна.

71. Скипидар — 5; 10%-ная водная эмульсия (канифоль — 9; олеин — 6; 35%-ный раствор КОН — 3,8; спирт — 2,2; масло ИС — до 100%) — 95.

72. 5%-ная водная эмульсия на эмульсоле № 3 (Гр. II, с. 54).

73. 7%-ная эмульсия на основе состава: СФРЗ — 1,4—5,0; ЭМС — 4,2—15,0; СКИП — 1,4—5,0; H_2O — до 100%.

Чистовое строгание и долбление сталей и чугуна:

	74	75
ММН	50	—
КЕРС	30	—
СКИП	15	80
CCl_4	5	20

Протягивание. Протягивание стали:

	76	77
Эмульсол	25	—
Касторовое масло	8	—
Сода кальцинированная	0,5	3
Вода	66,5	93—95
Олеиновое мыло	—	2—4

Протягивание чугуна.

78. Эмульсол — 25; касторовое масло — 8; сода кальцинированная — 0,5; вода — 66,5.

79. Растительное масло — 7; зеленое мыло — 6; сода кальцинированная — 0,2; вода — 86,8.

80. 10%-ная эмульсия на эмульсоле состава № 4 (Гр. II, с. 54).

Протягивание кислотостойких и жаропрочных сталей

	81	82	83
Эмульсол	25	30	30
Касторовое масло	8	15	30
Сода кальцинированная	0,5	0,5	0,5
Вода	66,5	54,5	31,5

84. Растительное масло — 7; зеленое мыло — 6; сода кальцинированная — 0,2; вода — 86,8.

85. Сульфофрезол — 85—97; олеин — 3—15.

Протягивание латуни, бронзы. **86.** Эмульсол — 25—30; касторовое масло — 8—30; сода кальцинированная — 0,5; вода — до 100.

87. Вода (горячая) — 75; хлопковое масло — 5; скипидар — 5; 15% пасты следующего состава (вес. ч.): машинное масло — 600; канифоль — 100; мыло хозяйственное — 120; рыбий жир — 200; едкий натр — 100; вода — 350.

Шевингование. **88.** Керосин — 90,5; олеин или стеарин — 2,5; канифоль — 7.

89. Масло ИС-45 — 95; рыбий жир — 4; олеин — 1.

Протягивание вязких сталей. **90.** Вода — 89,0; йодистый калий — 0,1; натрий азотистокислый — 0,1; сульфорицинат Е — 10. (Используется при шлицевом протягивании, обеспечивая чистоту $\nabla 7$—$\nabla 8$, при $v=2$ м/мин). Стойкость инструмента повышается на 50—60%.

Нарезание резьбы. Нарезание резьб в стали и чугуне. **91.** Сульфофрезол — 90; керосин — 10.

92. Керосин — 75; олеин — 25.

Зубонарезание и шлицефрезерование стали. **93.** 15—20%-ные эмульсии на основе состава: олеин — 7,0; канифоль — 10,0; масло ИС-20 — 73; едкий натр ($\rho=1,73$ г/см^3) — 4,2; спирт-денатурат — 3,4; вода — до 100%.

94. 10, 15 или 20%-ные водные эмульсии на эмульсоле № 4 (Гр. II, с. 54).

95. 5%-ная эмульсия на эмульсоле № 14 (Гр. II, с. 54).

Нарезание резьб в кислотостойких и жаропрочных сталях.

	96	97
КЕРС	60	25
ММН ИС	90	90
ОЛЕ	20	15
СКИП	20	—
СФРЗ	60	60
CCl_4	10	10

Нарезание резьб в алюминиевых сплавах:

	98	99
Сульфофрезол	30	30
Керосин	15	15
Олеиновая кислота	30	—
Масло ИС	25	55

100. При резьбонарезании в сталях с целью улучшения противоизносных, противозадирных и антикоррозионных свойств СОЖ предлагается вводить в их состав госсиполовую смолу, смешанный ангидрид бутилксантогеновой и фосфорной кислот (АБКФ) и соль декстрамина. Примерный состав СОЖ (% вес.): растительное масло (кориандровое) — 12—16; госсиполовая смола — 3—5; АБКФ — 2—3; ОП-4 — 3—5; соль декстрамина — 1; минеральное масло — до 100%.

Госсиполовая смола, представляющая собой отходы переработки хлопкового масла, является эффективной противозадирной присадкой. Состав смолы: органические вещества —97,3—99,69%, неорганические вещества — 0,31—2,71%, кислотное число 50—86 мг/КОН, число омыления 109—210 мг/КОН, эфирное число 48—134 мг/КОН, АБКФ — смешанный ангидрид бутилксантогеновой и фосфорной кислот — усиливает противоизносные и противозадирные свойства СОЖ. ОП-4 — ПАВ (эмульгатор), представляющий собой полиоксиэтилированный алкилфенол. Ингибитор коррозии — маслорастворимую соль декстрамина — вводят для усиления антикоррозионных свойств СОЖ (для обеспечения консервации деталей на весь межоперационный период).

Приготовление СОЖ (100). Минеральное и растительное масла хорошо перемешивают (2000—3000 об/мин) в эмульгаторах при температуре 60—65° С, добавляя ОП-4, госсиполовую смолу, АБКФ и ингибитор коррозии, в течение 30 мин, после чего всю смесь перемешивают при той же температуре в течение 1,5 ч.

101. Нарезание резьбы в стали. Масло косточковое растительное — 90—95; масло минеральное — до 100%; присадка — 0,5—3,0. (Косточковое масло — томатное, вишневое и т. п. Присадка содержит S, Cl, P, N).

Шлифование. Круглое наружное, внутреннее бесцентровое и плоское шлифование конструкционной углеродистой стали:

	102	103
Na_2CO_3	2	2—3
$NaNO_2$	1	—
H_2O	97	98—97

104. Масло ВНИИНП-117 — 2; вода — 98.

105. Эмульсол НГЛ-205 или СДМУ или Т — 3—5; вода — 97—95.

106. 2%-ная эмульсия на эмульсоле № 1 (Гр. II, с. 54).

107. 2%-ная эмульсия на эмульсоле № 3 (Гр. II, с. 54).

Шлифование врезанием среднеуглеродистых конструкционных сталей с поливом.

108. 2%-ный раствор Na_2CO_3.

109. 10% дизельного топлива, 90% сульфофрезола.

Внутреннее шлифование незакаленных среднеуглеродистых сталей.

110. Эмульсол Э-2 — 2,5; сода кальцинированная — 0,6; вода — 96,9.

Резьбошлифование стальных деталей. **111.** Осерненное масло — 25; обезвоженный мазут — 20; керосин — 50; олеин или талловая кислота — 5.

112. АЛЗМ — 9,5; ММН — 36,9; ОЛЕ — 8,45; ТЭА — 6,45; NaCl — 2,28; $NaNO_3$ — 3,82; H_2O — 32,6.

113. Керосин — 50; олеин — 5; осерненный мазут — 25; обезвоженный мазут — 20.

114. Для повышения чистоты поверхности и производительности шлифования закаленных сталей, а также предотвращения прижогов рекомендуются СОЖ следующего состава: масло ИС-12 — 99,5—85; присадка ВНИИНП-360 — 0,5—15; присадка ПМС-200А—0,002—0,005. Так, при обработке стали ШХ15 (HRC=60—62) применение СОЖ, содержащей 97% ИС-12, 3% ВНИИНП-360 и 0,002% ПМС-200А, повышает производительность вдвое, снижает износ круга, повышает чистоту поверхности на один-два класса.

115. Для повышения стойкости инструмента и чистоты поверхности при протягивании, резьбошлифовании и шлифовании сталей предлагается в состав СОЖ вводить йодистый калий (KI) и сульфорицинат Е, содержащий сульфированное касторовое масло, сульфат натрия, оксанол ДЛ-12, оксанол О-18 и воду. Состав СОЖ:

116. Сульфорицинат Е — 4,5—5; сода кальцинированная — 0,25—0,5; йодистый калий — 0,15—0,25; вода — до 100%. [Состав сульфорицината Е: ализариновое масло — 50,2—43,5; сульфат натрия — 2—3; вода — 45,0—50; оксанол ДЛ-12 (ПАВ) — 2—2,5; оксанол О-18 (ПАВ) — 0,8—1].

117. Для легированных и инструментальных сталей. ТЭА — 0,5—0,7; $NaNO_2$ — 0,25; ОП — 0,1; H_2O — до 100%.

118 Масло ИС-20—95; хлорированный парафин — 5.

	119	120
Эмульсол НГЛ-205	30—40	20—25
Вода	70—60	80—75

Круглое шлифование быстрорежущих сталей алмазными и боразоновыми кругами. **121.** Тринатрийфосфат — 0,6; масло ализариновое — 0,5; бура — 0,25; натрий азотистокислый — 0,25; вода — 98,4.

122. Для шлифования труднообрабатываемых инструментальных сталей, например РЭК10Ф, предлагаются составы СОЖ на основе хлоргидринов и СК — экстракта водного слоя продуктов конденсации при производстве изопрена. Они повышают производительность и чистоту шлифования и предотвращают прижоги. В табл. 4.1 приводятся рецепты составов на хлоргидрине.

Шлифование высоколегированных труднообрабатываемых сталей.

123. Масло ИС-20	95	97
Присадка ВНИИНП-232	5	—
Присадка ЛЗ-23К	—	3

Таблица 4.1

СОСТАВЫ НА ХЛОРГИДРИНЕ (в % вес.)

Компоненты	1	2	3	4
Хлоргидрин глицерина	80	40	—	—
Хлоргидрин стирола	—	—	58	—
СК — побочный продукт производства изопрена	18	59	40	72
Прочие	ПАВ на основе полиэтиленгликолевых эфиров — 2	Соль моноэтаноламина и масляной кислоты — 1	Полиэтиленгликолевые эфиры олеинового спирта — 1,5 Полиакриламиды — 0,5	Хлоргидрины октена — 25 Na соль моноамида себациновой кислоты — 3

Все компоненты смешивают при подогреве. Для использования в качестве СОЖ применяют 5%-ные водные растворы.

124. Эмульсол НГЛ-205—40; вода — 60.

125. Фтористый натрий — 3; кремнефторид морфолина — 1; смачиватель — 0,05; ПАВ на окиси этилена — 0,05.

126. $BaCl_2$ — 5; $NaNO_2$ — 1,5; H_2O — 93,5.

Шлифование жаропрочных сплавов. 127. Сульфонол — 0,35; сода кальцинированная — 0,5; натрий азотистокислый — 0,5; вода — до 100%.

128. ТЭА — 1; $BaCl_2$ — 2; $NaNO_2$ — 3.

Шлифование вязкого сплава ЭИ454 (HRC=56—58).

129. НГЛ-205—10; осерненное терпентинное масло (присадка)—1,8; вода—88,2.

Шлифование легированиых сталей. 130. Na_2CO_3 — 0,1—0,8; Na(КМЦ) — 0,03—0,3; $NaNO_2$ — 0,1—0,5; СКИП — 0,1—5; H_2O — до 100%.

Шлифование сталей 12ХН2 и 30ХГСА. 131. Эмульсол Э-2—2,5; кальцинированная сода — 0,6; вода — 96,9.

Шлифование нержавеющей стали Х18Н9Т и сплава ЭИ617. 132. Эмульсол Т (смесь ТЭАО, олеиновой кислоты и минерального масла) — 5; вода — 95.

Шлифование сплава ЭИ347 (HRC = 62—65). 133. $BaCl_2$ — 5; $NaNO_2$—0,5; H_2O — 94,5.

134. Эмульсол СДМУ — 20; вода — 80.

135. Масло ИС-20—95; присадка ЛЗ-23К — 2; присадка ХЛОРЭФ-40—2; присадка ДФ-11—1.

Шлифование нержавеющей стали 9Х18 (HRC=50—55). 136. $BaCl_2$—5; $NaNO_2$ — 1,5; H_2O — 93,5.

137. Масло ИС-20	95	97
Присадка ВНИИНП-232	2	—
Присадка ЛЗ-23К	—	3

138. Эмульсол НГЛ-205 — 40; вода — 60.

139. Сульфофрезол — 90; дизельное топливо — 10.

Шлифование чугуна. 140. ТЭА— 0,2; $NaNO_2$— 0,4.

	141	142
ТЭА	0,2	—
$NaNO_2$	0,4	—
Na_3PO_4	0,1	0,1
$Na_2B_4O_7$	0,2	0,2
Na_2CO_3	0,3	0,3
ОП	0,1	0,1

143. ТЭА — 0,16; ГМТА — 0,3; $NaNO_2$ — 0,16; H_2O — 99,38.

Шлифование меди и сплавов на ее основе. 144. ВНИИНП-117 — 2; вода — 98.

145. Ализариновое масло — 3—5; вода — 97—95.

Шлифование алюминиевых сплавов. Шлифование алюминиевого сплава АЛ1. 146. Керосин — 50; масло ИС — 48; олеин — 2.

147. 4%-ная эмульсия на основе пасты: олеиновая кислота — 36; 11%-ный раствор едкого натра — 41; бура — 4,7; жидкое стекло — 8,4; крепитель П — 3; нитрит натрия — 5; ОП-7 — 1,7.

148. 25%-ная эмульсия на основе состава: масло ИС-20 (осерненное, 0,5% серы) — 5; эмульсол — 15; скипидар — 5; вода — 75.

149. 10 и 15%-ная эмульсия на пасте состава: олеин — 10; керосин — 60; вода — 30; раствор NaOH — по числу омыления с оставлением кислотности 1—4 мг/КОН.

150. Осерненная 7%-ная эмульсия на составе: сульфофрезол — 1,4—5,0; эмульсол — 4,2—15,0; скипидар — 1,4—5,0; вода— до 100%.

Шлифование молибдена. 151. ГМТА — 6; KCl — 6; H_2O — 88.

152. $BaCl_2$ — 5; вода — 95.

153. Na_2CO_3 — 1,5; H_2O — 98,5.

Шлифование магнитных сплавов. 154. Сульфофрезол — 90; дизельное топливо — 10.

155. Масло ИС — 58,4; гексахлорэтан — 4,6; керосин — 37.

156. Эмульсол Э-1, Э-2, активированный 4% серы, — 25; керосин — 75.

157. Ультразвуковое шлифование магнитных сплавов: Na_2CO_3 — 2; H_2O — 98.

158. Алмазное торцевое шлифование магнитных сплавов типа ЮНДК. Na_2CO_3 — 0,1—0,8; Na(КМЦ) — 0,03—0,3; NH_4Cl — 0,05—0,1; $Na_2B_4O_7$ — 0,2—0,5; $NaNO_2$ — 0,1—0,3; ММН — 0,1—0,5; H_2O — 99,42—97,5.

159. СОЖ для шлифования алюминиевых поршней. Бура — 4,7; жидкое стекло — 8,4; крепитель П — 3,0; едкий натр 11%-ный — 41; натрий азотистокислый — 5.

Шлифование твердых сплавов:

	160	161
Na_3PO_4	0,6	—
$NaNO_2$	0,25	0,15—0,25
Na_2CO_3	0,25	0,9—1,0
$Na_2B_4O_7$	0,35	—
H_2O	До 100%	

	162	163
Na_2CO_3	—	—
Na_3PO_4	0,3—0,5	0,3
$NaNO_2$	0,3—0,4	0,25
Мыло	0,5—0,9	—
Вода	До 100%	

164. Алмазное шлифование твердосплавных матриц. Na_2CO_3 — 0,25; Na_3PO_4—0,25; $Na_2B_4O_7$ — 0,25; $NaNO_2$—0,25; H_2O — 99.

Шлифование титана и его сплавов. **165.** Фтористый натрий — 3; кремнефторид морфолина — 1; ОП — 0,1.

166. Натрий азотнокислый — до 10; ПАВ НБ — 0,5; вода — до 100%.

Хонингование стали. 167. Эмульсол — 5; вода — 95.

	168	169
Керосин	75	75
Парафин	25	—
Состав ЦЛС-3	—	25

[Состав ЦЛС-3 — осерненное (до 22% S) в готовом растворе хлопковое масло, авиамасло и нитробензол].

Доводка. 170. Канифоль — 7; олеин — 2,5; керосин — 90,5.

171 Окисленный петролатум — 55; 40%-ный раствор NaOH — 20; вода — 25.

Суперфиниш (тонкое доводочное шлифование):

	172	173
Асидоловое мыло	0,6	—
Na_3PO_4	0,5	0,6
$NaNO_2$	0,3	0,3
Вода	До 100%	

174. Ализариновое мыло (нейтральное) — 2,5; тринатрийфосфат — 0,5; вода — 97.

Прочие применения СОЖ при резании. Алмазная разрезка магнитных сплавов типа ЮНДК.

175. Na_2CO_3 — 0,1—0,8; Na (КМЦ)—0,03—0,3; NH_4Cl — 0,05—0,1; $Na_2B_4O_7$ — 0,2—0,5; $NaNO_2$ — 0,1—0,3; вазелиновое масло—0,1—0,5; вода — 97,5—99,42.

Роль смазок при механическом резании металлов могут выполнять также некоторые неметаллические пленки на поверхности режущего инструмента. К их числу относятся фосфатные пленки.

Кроме приведенных выше в производственной практике используют и другие разнообразные составы. Некоторые рецепты их приводятся ниже (% вес.).

Смазка шлифовальных кругов при сухой заточке режущего инструмента. **176.** Пушечная смазка — 40—50; стеарин — 50—60. Стеарин плавят при 70—75° С, вводят смазку, хорошо перемешивают, наносят на круг при комнатной температуре.

177. СОЖ ИСМ для шлифования. Вода—до 100; Na_2CO_3—0,01—0,1; Na(КМЦ)—0,05—0,5; pH раствора — 8—10.

178. Смазочно-охлаждающая паста для механической обработки титана и его сплавов. Вода — до 100; водорастворвмые органические кислоты — 0,2—5,0; водорастворимые соли титана — 0,01—4,0; высшие алифатические спирты — 0,01—3,0; крахмал — 0,02—5,0; керосин — 0,01—4,0; нефтяное масло или жидкие жиры — 0,2—6,0.

179. СОЖ «Аромат» для механической обработки стали и чугуна. Дибутилфталат — 40—52; касторовое масло — до 100; фитонциды (лавандовое, пихтовое масла, пихтосин) — 8—20. Применяется при притирочно-доводочной обработке, обеспечивая более высокую чистоту поверхности, чем СОЖ на касторовом масле.

180. СОЖ для резания горячего металла (700—1200° С). Алюминиевая пудра — 21—26; битум — 38—43; графит — 3—8; минеральное масло — до 100; окись кальция — 0,5—1,5. Сухие компоненты перемешивают с битумом прн 60—80° С, смесь разбавляют минеральным маслом. (Смазка снижает усилия резания, уменьшает шум, повышает стойкость инструмента.)

СОЖ для шлифования стали ШХ15.

181. $Na_2B_4O_7$ — 0,2; $NaNO_2$ — 0,2; Na_2CO_3 — 0,3; Na_3PO_4 — 0,2.

182. СОЖ для хонингования стали 50Г. H_2O — до 100; $NaNO_2$ — 0,2; СФРЗ — 0,25; ТЭА — 0,5. Дает трехкратное повышение стойкости брусков, повышение чистоты на один класс.

2. СОСТАВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СМАЗОК, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ

Так же как и при обработке металлов резанием, количество смазочных составов, применяемых при обработке металлов давлением, достаточно велико, и применение их преследует несколько целей. В операциях холодного деформирования металлов основным назначением технологических смазок является снижение трения между инструментом и заготовкой, предотвращение схватывания и «заедания», ведущих к появлению брака (задиров и т. п.), улучшение пластических свойств поверхностного слоя металла заготовки.

В операциях, проводимых с нагретыми заготовками (для горячего деформирования), наряду со снижением коэффициента трения смазочные составы предохраняют поверхности от окисления, что снижает угар металла и повышает стойкость инструмента, быстро изнашиваемого окислами металлов.

2.1. СОСТАВЫ СМАЗОК, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ХОЛОДНОЙ ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ

К простым, давно применяемым при холодной обработке составам смазок относятся нефтепродукты — минеральные масла, мазут, парафин, петролатум; растительные масла (касторовое); масла и эмульсии, активированные присадками; мыла различного состава (в порошке и жидкие); суспензии в масле и порошки талька, графита, дисульфида молибдена.

Применяется также фосфатирование или оксалатирование обрабатываемой поверхности с пропиткой маслом или мылом и без пропитки и многое другое.

Ниже приводится ряд составов смазок (% вес.):

1. Церезин — 51,3: глицерин — 0,7; кубовые остатки СЖК — 48.

2. Машинное масло Л — 76—84; олифа — 15—22; сера в порошке — 1—2.

3. Масло ИС — 70—95; полиизобутилен — 5—30.

4. Минеральное масло — 8—10; синтетические жирные спирты — 26—30; стеарат металла (Al, Na, Zn) — 6—8; жидкий парафин — 4—6; тальк — 45—50.

5. Минеральное масло— 16—18; СЖК— 9,5—9; тальк — 10—11,5; сода кальцинированная — 1—1,2; ОП-7 или ОП-10 — 0,02—0,15.

6. Мыло — 13—14; глицерин — 5—6; спирт — 1,8—1,9; уксусная кислота — 0,2—0,3.

7. Касторовое масло — 35—60; рицинолеат лития — 15—25; слюда — 20—30; дисульфид молибдена — 5—10.

Из выпускаемых промышленностью готовых составов применяют СОЖ В-32к, сульфофрезол, ВНИИНП-411.

К более сложным, но более эффективным составам смазок для холодной прокатки металлов относятся, например, следующие (% вес.).

8. Эмульсионная смазка для прокатки цветных металлов, в частности алюминия.

Смесь алкиловых сложных эфиров СЖК — 3—6; сложный эфир гекситового ангидрида жирной кислоты (выше C_6) — 0,8—1,6; полиоксиалкиленовое производное эфира гекситового ангидрида жирной кислоты (выше C_6) — 0,8—1,6; алюминиевое мыло — 0,3—0,6; минеральное масло — 35—60; вода — 25—60.

9. Состав, предложенный в развитие этого рецепта, обладающий более высоким моющим и охлаждающим действием, содержит (% вес.): смесь алкиловых сложных эфиров СЖК — 3—6; сложный эфир ксилитового ангидрида жирной кислоты (выше C_6) — 1—3; полиоксиэтиленовое производное эфира ксилитового ангидрида жирной кислоты (выше C_6) — 0,5—1,5; алюминиевое мыло — 0,3—1; минеральное масло — 10—60; воду — 34,5—83,2.

10. Состав эмульсии, сочетающей в себе смазывающие, моющие и охлаждающие свойства: смесь метиловых эфиров высокомолекулярных кислот — 3; смесь олеатов ангидроксилитов (ксиланы) — 2,56; смесь полиэтиленгликолевых эфиров олеатов ангидроксилитов (оксилитали) — 0,64; стеарат алюминия — 0,3; масло трансформаторное — 35,1; вода — 58,4. Трансформаторное масло может быть заменено любым чистым минеральным маслом вязкостью 1—50 сСт при 50° С.

В нагретое до 80—100° С минеральное масло добавляют компоненты в любой последовательности. Полученный эмульсол разбавляют водой до получения эмульсии нужной концентрации при постоянном взбалтывании, желательно с помощью мешалки.

11. Смазка-эмульсия для прокатки трудподеформируемых прецизионных сплавов и жести с повышенным качеством поверхности (% вес.).

Синтамид-5 — 0,5—0,7; ЭВСЖС — 0,5—0,7; ингибитор коррозии — 0,5—0,7; вода обессоленная — до 100%.

Вначале готовят концентрат эмульсии, сплавляя компоненты при 70—80° С. Для работы разбавляют концентрат теплой (40—50° С) водой.

Эмульсия сохраняет эффективность при нагреве полос до 500° С.

При температуре отжига стали компоненты эмульсии разлагаются на летучие составляющие и не оставляют следов «загара» на поверхности полосы.

Пленка эмульсии, сохраняющаяся на поверхности полосы после холодной прокатки, предохраняет металл от коррозии.

12. Смазка холодной прокатки стали и цветных металлов содержит в качестве поверхностно-активных веществ оксиэтилированную стеариновую кислоту (5—16 молей окиси этилена) — 0,5—2,0% и оксиэтилированные алифатические спирты C_8—C_{12} (10—25 молей окиси этилена) или оксиэтилированные алкилфенолы (6—20 молей окиси этилена) — 0,05—0,2%; вода — до 100%.

Применение водных растворов неионогенных поверхностно-активных веществ позволяет получить высокую чистоту поверхности металла после прокатки без увеличения нагрузки на двигатели прокатного стана, а также обеспечивает образование на металле тонких смазочных слоев, не дающих грязи и сажистых налетов при последующем отжиге.

Для приготовления смазочной жидкости предварительно смешивают составляющие при 40—50° С. Затем разогретую смесь ПАВ смешивают с теплой (50—60° С) водой до концентрации 10—15% и далее разводят до требуемой концентрации (0,75—1,5%) холодной водой.

Смазка для холодной прокатки (% вес.).

13. Метилоламид алифатической кислоты — 2,5—5: полиэтоксиамин алифатической кислоты (15—25 молей окиси этилена) — 0,4—0,8; вода — до 100%.

Для приготовления жидкости 25 г метилоламида алифатической кислоты, расплавленного при 130—150° С, вводят при интенсивном размешивании в нагретый до 94° С водный раствор полиэтоксиамина, состоящий из 970 г водопроводной воды и 4 г

полиэтоксиамина (от 15 до 25 молей окиси этилена). К полученной эмульсии добавляют 1 г третичного амина СЖК (пеногаситель) и 0,1 г четвертичной соли аммониевого основания жирных кислот (например, алкилдиметилбензиламмоний хлорид) — против плесневения

Составы смешивают в эмульгаторе, дают отстояться 24 ч, фильтруют и подают в оборудование для холодной обработки давлением.

14. Смазка для прокатки алюминиевой фольги толщиной до 7,5 мкм (масло ВНИИНП-411, МРТУ 38—1—977—65). Масло ИС-12, из малосернистых нефтей — 95 или 97; головная фракция октола (ρ не менее 0,83 г/см³) — 5 или октол — 3.

15. Противозадирная смазка для холодной обработки металлов.

16. Смазка для ударного выдавливания легких металлов и сплавов (% вес.). Касторовое масло или ОПСК (отходы производства себациновой кислоты из касторового масла) — 95—70; воск — 5—30.

Смазка универсальна и обладает высокими тиксотропными свойствами, не расслаивается при хранении, технологична и позволяет значительно увеличить срок службы штампа, исключая при этом налипание обрабатываемого металла на инструмент.

Смазку готовят смешением компонентов при 60° С и выше. ОПСК — смесь, содержащая жирные кислоты, при холодной деформации металлов в ряде случаев может заменить дорогое касторовое масло. Эти отходы дешевы и обладают стабильным составом.

В отличие от касторового масла, смазки, содержащие ОПСК, более универсальны — они сохраняют хорошие смазочные свойства в широком интервале температур.

При ударном выдавливании легких металлов и сплавов, например алюминия, смазки на основе касторового масла показывают лучшие результаты при получении тонкостенных изделий. При ударном же выдавливании изделий с толщиной стенки более 1 мм или профилированных лучшее качество поверхности и большую стойкость инструмента обеспечивают смазки на основе ОПСК.

17. Смазка для обработки металлов при высоких давлениях. Триметилолпропановый эфир нормальной монокарбоновой кислоты (C_5—C_7) — 65—75; политетрафторэтилен (Мм=10 000—50 000) — 25—35. Сверх 100% вводят 0,25—0,75 нитрита натрия.

18. Смазка для глубокой вытяжки металлов.

Минеральное масло — 20—25; полиоксиэтилированная стеариновая кислота (6 молей окиси этилена) — 28—34; церезин — 0,9—1,8; моноэтаноламин — 0,1—0,2; ланолин — до 100%.

20. Смазка для холодной обработки давлением при повышенных давлениях.

Жирные кислоты — продукты пиролиза касторового масла — 80—90; полиэтиленгликолевый эфир высших жирных кислот — 5—10; полиэтиленгликолевый эфир нафтеновых кислот — 5—10.

21. Смазка для глубокой вытяжки и штамповки стальных листов.

ПАВ водорастворимые — 80—20; полимерные смолы (фенольные, меламиновые, акриловые, полиамидные) водорастворимые — 20—80; масло водорастворимое или эмульгирующееся — 1—50.

22—23. Смазки для штамповки крупногабаритных изделий из нержавеющей стали или биметалла.

	22	23
Гипс формовочный	2,5	2,5—5
Древесная мука	—	6—5,5
Масло ИС-20	52,5	51,5—53,5
Мылонафт	20	20
Тальк	25	20—18

Смазки на дисульфиде молибдена для холодной обработки стали давлением.

24. Стеараты металлов — 25—40; дисульфид молибдена — 5—10; полиэтилен — до 100%.

25. Органический растворитель — 25—37; пластифицированная нитроцеллюлозная смола — 25—30; дисульфид молибдена или графит — до 100%.

Смазки 24 и 25 способствуют получению поверхности повышенной чистоты.

26. Смазка — суспензия для обработки металлов давлением.

Дисульфид молибдена — 25—30; диспергатор (сополимер эфира метакриловой кислоты и N-винилпиролидон) — 6—25; смазочное масло — до 100%.

27. Смазка для штамповки металлов. Графит — 2,5—3,0; борат свинца (или окись цинка) — 3—9; монофосфат натрия или аммония — 10—15; смачиватель — 1—5.

Кроме перечисленных выше в патентной литературе приводится большое число различных составов для холодной обработки давлением. Так, например, для холодной штамповки легких металлов — раствор мыла с оливковым маслом; алюминия — стеарат цинка; алюминиевых сплавов и меди — раствор ланолина в трихлорэтилене; цинка — растительное масло, розмариновое масло, графит с добавкой буры; стали — порошок дисульфида молибдена. Предлагаются также смазки, армированные волокнами, например, смазка, содержащая смазочное масло, углеродное волокно, мыло и твердый смазочный материал, графит или MoS_2. Загустителем служит мыло (10—50% об.). Углеродное волокно, предпочтительно длиной 0,25 см, предварительно обрабатывают HNO_3 и солью высшей кислоты или амина для придания ему олеофильности. В качестве смазочного масла используется полифениловый эфир, диэфир или силиконовая жидкость.

Загустителем смазок могут также служить полимерные порошки. Например, смазка для обработки давлением в широком температурном диапазоне состоит из поликсилоксана (основа), загущенного перфторолефиновым полимером, предпочтительно политетрафторэтиленом с радиусом частиц менее 30 мкм. Смазка имеет хорошие ха-

рактеристики по скручивающим усилиям при низкой температуре и высокую стойкость к окислению.

2.2. СОСТАВЫ СМАЗОК, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ

При операциях волочения и протягивания в качестве смазок служат мыла, графит, медные покрытия, масла с добавками ПАВ и без них.

Некоторые эффективные составы смазок, используемые в производстве проволоки, труб, профиля, приводятся ниже.

1—3. Полимерно-масляные смазки для волочения труб из алюминия и его сплавов.

	1	2	3
Полиизобутилен П-10	25	—	—
Полиизобутилен П-20	—	15	—
Атактический полипропилен	—	—	30
Масло ИС-12	75	85	70

4. Смазка для волочения. Глина (порошок) — 60—80; мыло (порошок) — 40—20. Смесь сплавляют и измельчают.

5. Смазка для холодного волочения проволоки. Смазка, повышающая эффективность холодного волочения проволоки в режиме гидродинамического трения, содержит глицериновый раствор солей метафосфорной кислоты и органических аминов типа этаноламинов, диэтиламина, а также аминокислот. Состав смазки (вес. ч.): метафосфорная кислота — 1; глицерин — 2; органический амин — до нейтрализации.

Для изготовления смазки метафосфорную кислоту растворяют в глицерине при 110—120 °С. Раствор охлаждают до 40—60° С, нейтрализуют при постоянном перемешивании органическим амином и выдерживают 3—5 ч при 120—140° С. Образующиеся соли метафосфорной кислоты и органических аминов имеют высокий молекулярный вес (1500).

Соли смешиваются с глицерином в любых соотношениях. Образующиеся растворы имеют маслянистый вид, неэлектропроводны, устойчивы к нагреванию вплоть до температуры кипения глицерина. Вязкость их меняется в широких пределах: от вязкости глицерина до 150 П (например, вязкость раствора при весовом соотношении глицерина и соли метафосфорной кислоты 1 : 1 равна 150 П).

Смазки обладают хорошей адгезией к стальной поверхности.

6. Эмульсия для волочения медной проволоки (% вес.). Сульфонол НП-1 — 0,4—1; масло ИС — 3,5—4; вода — до 100%.

Для приготовления эмульсии загружают масло и сульфонол (в количестве 10—30% от веса масла), нагревают, например, острым паром до 90—100° С и перемешивают до полного растворения сульфонола. Добавляют воду в количестве, необходимом для получения заданного состава эмульсии.

7. Смазочные составы для волочения жаростойких кабелей (% вес.). Осерненный тетрамер пропилена — 2—3; хлорпарафин — 5—6; моющая присадка — 2—3; минеральное масло — до 100%. Состав готовят перемешивая 3—4 ч при 80° С.

8. Хлорированный углеводород (ди- или полихлорпроизводное этилена) — 76—80; хлоркаучук — 10—12; хлорпарафин — 10—12.

Наряду со смазками для холодной обработки давлением, содержащими органические компоненты, применяют с заметным эффектом смазки минерального состава, в частности на основе фосфатов металлов.

Некоторые составы приводятся ниже. Пригодны также и другие составы.

9. Состав для холодного фосфатирования стальной проволоки при непрерывном волочении (в г/л):

Моноцинкфосфат — до 76; цинк азотнокислый — до 600. Фосфатирование при 20—22° С в течение 10—20 с.

10. Состав для фосфатирования перед холодной протяжкой (в г/л). Моноаммонийфосфат — 300. Фосфатирование при 60—80° С, сушка при 20° С.

11. Состав для фосфатирования листового металла перед глубокой вытяжкой (в г/л). Zn — 6,75; P_2O_5 — 8,75; NO_3 — 8,5; алкилтриметиламмоний хлористый — 1. Фосфатирование при 65° С.

12. Состав для фосфатирования титана при холодной деформации.

Бифторид аммония — 25; первичный фосфат марганца — 285; натрий азотнокислый — 49. Фосфатирование при 93° С.

13. Состав для фосфатирования титана при протяжке проволоки (в г/л). Тринатрийфосфат кристаллический — 50; калий фтористый — 20; плавиковая кислота 50%-ная — 11,5 мл. Фосфатирование ведут при t=85° С и pH=6,8.

2.3. СОСТАВЫ СМАЗОК, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ГОРЯЧЕЙ ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ

Соответственно условиям эксплуатации, смазки этой группы должны оказывать максимум технологического действия при высоких температурах, что и определяет их состав.

К общеупотребительным смазкам для этой цели относятся порошок или суспензии графита в минеральных маслах или в воде, а также легкоплавкие стекла.

Составы некоторых эффективных смазок, применяемых при горячей обработке металлов давлением, приводятся ниже.

Смазки для горячей обработки стали давлением (% вес.). 1. Смазка для горячего штампования и ковки.

Минеральное масло (нефтяное или синтетическое) или вода — 95—20; молибдат аммония или графит — 5—80. В состав можно вводить вещества, выделяющие газообразные продукты при температуре обработки металла (аммоний углекислый, мочевина, оксалаты и др.).

2. Горячая и теплая обработка давлением (% вес.). Графит — 50—60; моно- и диглицериды стеариновой кислоты —

2—3; мыльный клей — 1—2; эфиры высокомолекулярных синтетических жирных спиртов — 10—20; силикат натрия — до 100%. (Смазка работоспособна при повышенных температурах.)

Смазки для горячей штамповки сталей (% вес.). 3. Вода — 28; вторичные алкилсульфаты — 5; коллоидный графит — 25; литий углекислый — 28; литий муравьинокислый — 14.

4. Дисульфид молибдена — 5—15; эвтектическая смесь солей ($MgCl_2 : KCl : NaCl$ = =46 : 22 : 32) — 5—15; петролатум — 60—70; церезин — 4—6; едкий натр — 0,02; минеральное масло — до 100% (снижает усилия штампования).

5. Смазка для горячего прессования металлов (% вес.).

Минеральное масло — 10—20; древесные опилки — 3—6; тринатрийфосфат — 15—30; сода кальцинированная — 3—10; графит — до 100%.

Смазки для теплой обработки давлением (% вес.). 6. Смазка для теплой прокатки.

Графит — 20—25; кобальт сернокислый — 15—20; КМЦ — 0,05—0,1; вода — до 100%.

7. Смазка для теплой обработки[1] (об. ч.).

Водный коллоидно-графитовый препарат (В-0, В-1) — 1; водный раствор соли или смеси солей (нитраты, нитриты, хлориды калия или натрия) концентрацией от 10% до насыщения — 1—3.

8. Смазка для теплой обработки[1] металлов давлением представляет собой продукт омыления термоуплотненной или осерненной жирнокислотной основы. В качестве основы применяются отходы производства себациновой кислоты. Термическое уплотнение проводят при 100—200° С, давлении 1—5 атм в течение 2—5 ч.

При осернении вводят серу в виде порошка (от 1 до 20%) при перемешивании и температуре 180—250° С.

Смазки для горячей прокатки труб (% вес.). 9. Полиакриламид — 8—10; графит — 30—35; вода — до 100%. Полиакриламид растворяют в подогретой до 50—60° С воде, вводят графит и смесь механически перемешивают.

10. Триполифосфат натрия — 100.

11. Смазка для теплой прокатки труб. Вода — до 100; наполнитель — 5—15; полиакриламид — 0,1—5,0; смесь солей (5% NaCl; 47% $NaNO_3$; 48% KNO_3) — 20—50.

Смазки для горячей обработки давлением сплавов алюминия (% вес.). 12. Смазка для горячего прессования алюминиевых сплавов. Масло цилиндровое — 53—70; графит ГМГ-1 — 27—15; силикат свинца — 20—15 (снижает налипание металла и уменьшает трение).

13. Смазка для горячей обработки алюминиевых сплавов. Минеральное масло — 0,22—0,44; олеин — 0,02—0,04; ТЭА — 0,009—0,019; соль щелочного металла и СЖК ($C_5 - C_6$) — 0,5—1,0; вода — до 100% (снижает налипание металла).

[1] Составы применимы также и при холодной обработке давлением.

14. Горячая прокатка алюминиевых сплавов. Вода — 96,5—91,5; глицерин — 1,6—4,8; двуокись кремния — 0,4—1,2; минеральное масло — 1,28—2,09; олеин — 0,14—0,26; ТЭА — 0,08—0,16.

15. Горячее прессование алюминиевых сплавов (% об.). Минеральное масло ($t_{всп}$ = 300° С) — 60—77; графит или другой смазывающий наполнитель — 30—20; олеат олова — 7—2; гидрохлорид или гидрофторид моноамина — 3—1.

16. Горячая штамповка (бездымная смазка) (% вес.). Тонкоизмельченный каменный или бурый уголь — 20; 1—2%-ный раствор едкого натра или кали — 80.

Для улучшения смазывающей способности в состав можно вводить графит, молибденит, тальк, вермикулит и другие наполнители — 5—10% сверх 100%. Смазку наносят пульверизатором или кистью.

17. Обработка алюминиевых сплавов прессованием (трубы, прутки, профили), в частности прессование дюралюминиевых труб (% вес.). Минеральное масло цилиндровое-52 — 70—53; графит ГМ-Г — 15—27; силикат свинца — 15—20. Смазка представляет улучшенный вариант стандартной смазки (графит+минеральное масло).

Применение ее снижает налипание, позволяет уменьшить усилие прессования и температуру заготовок и увеличить скорость прессования.

18. Смазка для прессформ при отливке под давлением алюминиевых сплавов.

	А	Б
Кубовый остаток СЖК	20	20
Воск технический	15	10
Термографит С-1	20	20
Масло Вапор С	45	50
Хлористый натрий	8	8
Йод кристаллический	0,03	0,03

Перемешивают при расплавлении. Употреблять через 15—20 ч после охлаждения. Обладает хорошими смазывающими и противозадирными свойствами.

19. Смазка для прессформ литья под давлением (% вес.): нефтяная фракция, выкипающая при 170—240° С, — 20—80; трихлорэтилен — 1—10; олеат меди — 2—10; минеральное масло — до 100% (дает повышенную чистоту поверхности отливок).

В качестве смазывающих веществ при горячей обработке металлов давлением успешно применяют порошки стекол различного состава, преимущественно легкоплавких. Приводим несколько примеров таких смазок (% вес.).

20. Смазка для горячей обработки давлением.

Натрий сернистокислый — 60—90; порошок стекла — 10—40. Состав стекла: Al_2O_3 — 1,65; B_2O_3 — 35,5; CaO — 7,45; Fe_2O_3 — 0,08; MgO — 4,75; Na_2O — 16,0; SiO_2 — до 100%; SO_3 — 0,6.

21. Смазка повышенной растекаемости для горячего прессования жаропрочных и титановых сплавов. B_2O_3 — 5—10; Na_2O — 25—30; SiO_2 — до 100%; TiO_2 — 25—30; $t_{рзм}$=500° С. Вязкость в интервале 1000—1050° С ниже 10 П.

Стеклосмазки для горячей обработки стали давлением (% вес.):

	22	23	24
Al_2O_3	0—3	4—8	10—25
B_2O_3	16—20	—	25—45
CaO	—	1—5	10—35
K_2O	10—13	—	—
K_2O+Na_2O	—	11—15	—
Na_2O	20—25		2—5
Na_2SiF_6	—	8—12	—
SiO_2	31—35	76—60	10—50
TiO_2	9—10	—	—

(22), (23) — для углеродистой стали; (24) — для легированной стали.

25. В качестве технологической смазки при горячей обработке металлов давлением предлагается также применять металлургические шлаки, имеющие температуру плавления на 50—100° С ниже температуры деформации обрабатываемого металла.

Некоторые индексы МКИ, которыми сведения, содержащиеся в гл. IV, классифицируются в патентной литературе:

Класс С 10	Нефтяная, газовая и коксохимическая промышленность. Смазочные материалы
Подкласс С 10 *m*	Составы смазочных материалов; использование химических веществ в качестве смазочных материалов или в качестве компонентов смазочных составов (в том числе в СОЖ)
Группа 1/00	Жидкие составы на основе минеральных смазочных масел и (или) жирных масел и их использование в качестве смазочных материалов (в том числе СОЖ)
1/02	состоящие только из смеси масел
1/04	минеральных
1/06	водные эмульсии
1/08	с присадками
3/00	Жидкие составы на основе других смазочных компонентов

Некоторые индексы УДК, которыми сведения, содержащиеся в гл. IV, классифицируются в печатных изданиях:

621.7	Обработка давлением
621.7.079	Вспомогательные материалы, применяемые при формообразовании, например смазки, пасты, защитные средства
621.73	Кузнечное производство. Свободная ковка и ковка в штампах
621.73.079	Вспомогательные материалы. Смазочные материалы, пасты и т. д.
621.9	Обработка резанием или снятием стружки
621.9.079	Вспомогательные материалы, применяемые при обработке (формообразовании), например смазочные материалы, пасты, смазочно-охлаждающие жидкости и т. п.

Род и вид масел и смазок по 621.892 — смазочные материалы. Масла. Консистентные смазки.

ГЛАВА V

СОСТАВЫ ДЛЯ РАЗМЕРНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

Электрохимическая размерная обработка металлов и сплавов (ЭХРО), основанная на контролируемом анодном растворении их в заданных условиях, заняла сейчас заметное место в технологии металлообработки. Это весьма перспективная разновидность технологии, осуществляемая по различным вариантам, особенно эффективная при обработке металлов и сплавов, которые механически обрабатываются с трудом. Относительно широко применяется и химическая размерная обработка (ХРО).

В этой главе приведены рецепты различных составов, с помощью которых и в среде которых осуществляются рассматриваемые процессы. Существо методов и техника их проведения здесь не рассматриваются, так как подробно освещены в соответствующей литературе, а также полагая, что читатель, обращающийся к данной главе, уже знаком с основами этой технологии.

1. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ЭХРО МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Одним из основных элементов процессов ЭХРО является электролит — жидкость, хорошо проводящая электрический ток и в процессе его прохождения вступающая в определенные реакции с поверхностью обрабатываемого металла, растворяя его или переводя в легкоудаляемые непрочные соединения.

Хотя процесс ЭХРО может практически осуществляться почти в любом из электролитов, для каждого конкретного металла и сплава имеются оптимальные составы электролитов, обеспечивающие максимально возможную производительность и лучшее качество обрабатываемой поверхности, обладающие долговечностью, низкой коррозионной активностью в отсутствии тока и благоприятными экономическими показателями. Универсальных электролитов, равно применимых для всех металлов и сплавов, пока не существует. Поэтому, несмотря на достаточно обширный выбор составов электролитов, опубликованных в литературных источниках, рекомендуется при освоении процессов ЭХРО проверять несколько составов для определения оптимального в данном частном случае.

С этой точки зрения приводимые здесь рецепты электролитов могут служить отправными точками для дальнейшего экспериментирования на производственном участке или в лаборатории.

Принятые здесь сокращения и обозначения (в последовательности их расположения внутри текстов):

U — напряжение на электродах, В;
D_a — плотность тока на обрабатываемой поверхности (аноде), А/см²; А/дм²;
$t_э$ — температура электролита (средняя), °С;
τ — длительность обработки, мин; с;
Q — съем материала с обрабатываемой поверхности, мм³/мин; мм/мин; г/мин; мм³/(А·мин);
R — шероховатость поверхности (класс чистоты — ∇ — по ГОСТ 2789—73);
p, $p_э$, $p_{вх}$ — давление, кгс/см², соответственно: рабочего инструмента на обрабатываемое изделие; электролита в рабочей зоне; электролита на входе в зазор;
v, $v_э$, $v_{кр}$ — скорость перемещения, м/с, соответственно: электрода относительно обрабатываемой поверхности; электролита в зазоре; обрабатывающего круга;
δ — зазор между электродами, мм.

Количество компонентов во всех рецептах дано в % вес.; вода везде — до 100%.

Обращаем внимание читателей на то, что приводимые режимы обработки не являются строго фиксированными, так как во многом определяются характером используемого оборудования и инструмента, а также условиями проведения операции. Практически при осуществлении процесса всегда проводят наладочный подбор режима применительно к местным условиям исходя из типовых режимов.

1.1. СОСТАВЫ ДЛЯ ЭХРО СТАЛЕЙ

ЭХРО углеродистой стали. 1. Натрий хлористый — 10—20.

2. Натрий хлористый — 1—25; гексаметафосфат натрия — 0,04—0,4; жидкое

стекло — 0,3—5. U=8—20 В; $t_э$=20—30° С; R=∇6 — ∇7.

Составы (1) и (2) применимы для всех разновидностей ЭХРО — резки, прошивания, сверления, шлифования и т. д.

3. NaCl — 18; H_3BO_3 — 2; H_2SO_4 — 0,9.

4. $NaNO_3$ — 18—22; олеин — 2—3.

Составы (3) и (4) для электрохимического хонингования стали и чугуна. U=15—17 В; $t_э$=20—30° С; τ=35 с; R=∇8 — ∇11.

5. Натрий хлористый — 10—15. (Для формообразования при изготовлении деталей типа прессформ из стали 25Л, 35Л. U=8 В; $D_а$=5—8 А/см²).

6. $NaNO_2$ — 15—20; $NaNO_3$ — 2—5. U=12—18 В; $D_а$ = 9—20 А/см²; $t_э$ = 30—35° С; τ=15—25 с; R=∇7 — ∇8. (Для снятия заусенцев).

ЭХРО инструментальной стали. 1. KNO_3 — 12; NaF — 2; NaCl — 1.

ЭХРО высокопрочной низколегированной стали. 1. KNO_3 — 15; NaCl — 5—10; $NaNO_2$ — 1,5.

2. $NaNO_3$ — 15; $NaNO_2$ — 1,5.

Составы (1) и (2) — шлифование стали 30ХГСНА металлоабразивным кругом.

3. NaCl — 10; $NaNO_2$ — 9.

4. NaCl — 15; $NaNO_2$ — 9.

Составы (3) и (4) — снятие заусенцев в каналах деталей пневмо- и гидроаппаратуры. Режим (3) и (4): U=12—20 В; $t_э$=20—30° С; Q=1,4 мм³/(А·мин); R=∇7 — ∇8.

5. NaCl — 10. U=20 В; $t_э$=20—30° С; τ=60 с. (Снятие заусенцев в каналах деталей пневмо- и гидроаппаратуры.)

6. $NaNO_3$ — 10; Na_2SO_4 — 5. U=12—15 В; $t_э$=20—30° С; Q=1,5 мм³/(А·мин); R=∇7 — ∇8.

7. NaCl — 5—25; H_3PO_4 — 0,5—5,0.

8. NaCl — 15; H_3PO_4 — 1,0. U=13—18 В; $t_э$ — до 40° С; τ=15—20 с; R=∇6 — ∇8.

Составы (7) и (8) — размерная обработка стали типа 40Х.

9. Масло ИС-20 — 0,5; $NaNO_3$ — 8; $NaNO_2$ — 2; Cr_2O_3 — 0,5. U=15 В; $D_а$ = 3—6 А/см²; $t_э$=20—30° С. (Электрохимическое хонингование стали типа 30ХГСНА при давлении хона 2 кгс/см² и осевой подаче 200 мм/мин. Достигнутая точность — 3-й класс; R=∇5 — ∇6).

10. $NaNO_3$ — 8; $NaNO_2$ — 2; NaCl — 4. U=6—18 В; $D_а$=100—150 А/см²; $t_э$=20—30° С; R=∇7 — ∇9.

Электроабразивное и электроалмазное шлифование стали типа 30ХГСНА при $v_{кр}$=30 м/с; $v_{дет}$=9 м/мин; $S_{прод}$=3 м/мин; $S_{попер}$=0,002—0,005 мм/ход.

11. $NaNO_3$ — 7; NaCl — 3. U=12—18 В; $D_а$=10—20 А/см²; $t_э$=25—35° С; R=∇5 — ∇7. (Электрохимическое прошивание отверстий и полостей в сталях типа 38ХМЮА, СНЧА).

12. $NaNO_3$ — 6; Na_2HPO_4 — 6. U=10—15 В; $D_а$=2,5—3,5 А/см²; $t_э$=20—30° С; R=∇8 — ∇10.

13. $NaNO_3$ — 10; NaCl — 10. U=9—30 В; $t_э$=20° С; Q=1,4 мм³/(А·мин); R=∇6 — ∇9. (Электрохимическое прошивание стали типа ВНС при v=8—10 м/с; p=4,8—6 кгс/см².

14. NaCl — 15—20; продукт АНСК-50 — 2,5—5,0. U=8—15 В; $D_а$=5—8 А/см²; $t_э$=20—30° С; R=∇10 — ∇11. (Электроабразивное и электроалмазное чистовое шлифование сталей различных классов).

ЭХРО легированной нержавеющей стали. 1. NaCl — 20. U=16 В; $t_э$=20—30° С; Q=0,8 мм/мин; v=8 м/с. (Обработка стали 2Х13).

2. Натрий хлористый — 5—10. U=10—22 В; $D_а$=1—3 А/см²; $t_э$=20—30° С; Q=0,02—0,06 мм/мин; R=∇7 — ∇8. (Различные виды чистовой ЭХРО стали Х18Н9Т).

3. Ингибитор — 0,15; NaCl — 10,0; H_3PO_4 — 12,0. U=28 В; $D_а$=30—50 А/см²; $t_э$=20—25° С; R=∇9 — ∇10; δ=0,5 мм. (Электрохимическое прошивание глубоких отверстий в стали типа 2Х13).

4. Натрий азотнокислый — 12. U=18 В; $D_а$=65 А/см²; $t_э$=20—35° С; $p_{вх}$=15 кгс/см². (Прошивание отверстий глубиной 0,5—4 мм, диаметром 1,5 мм в стали Х18Н9Т при подаче 2 мм/мин).

5. Натрий азотнокислый — 10%-ный раствор; абразивный порошок Э9А или окись хрома — до получения суспензии. U=6—12 В; $D_а$=0,2—2 А/см²; $t_э$=20—30° С; Q=0,04—0,06 мм/мин; R=∇9 — ∇11. (Электрохимическое хонингование вязких легированных сплавов при v=1—3 м/с; p=1—1,5 кгс/см²).

6. NaCl — 15; $NaNO_3$ — 9. U=8—20 В; $t_э$=20—30° С; Q=1,4 мм³/(А·мин); R=∇7 — ∇8. (Формообразование стали Х18Н9Т).

7. Натрий азотнокислый — 5—20. U=6—18 В; $D_а$=5—20 А/см²; $t_э$=20—30° С. R=∇5 — ∇8. [Различные виды обработки (прошивание, профилирование, шлифование, калибровка профиля) легированных нержавеющих сталей].

8. NaCl — 14—16; $NaNO_3$ — 59—61. U=10—22 В; $D_а$=4—15 А/см³; $t_э$=20—30° С; R=∇7 — ∇9. (Профилирование сталей типа Х18Н9Т и 30Х10Г10 при v до 5 м/с.

9. KNO_3 — 15; NaF — 0,3. U=6—15 В; $D_а$ = 5—10 А/см²; $t_э$=20—30° С; Q=1,5 мм³/(А·мин); R=∇7 — ∇8.

Анодно-механическое чистовое шлифование легированной стали при подаче 2,5 мм/мин.

10. Натрий азотнокислый — 5; бура — 0,8; сегнетова соль — 5; сода кальцинированная — 0,5.

11. Калий азотистокислый — 3,0; калий лимоннокислый — 3,0; сегнетова соль — 3,0; натрий азотистокислый — 0,6.

Составы (10) и (11) для электрохимического разрезания сотовых панелей из нержавеющей стали латунным диском.

ЭХРО жаропрочных сталей и сплавов. 1. Натрий хлористый — 15—20. U=8—20 В; $D_а$=6—25 А/см²; $t_э$=20—35° С; R=∇6 — ∇7. Q=1,8—2 мм³/(А·мин). (Прошивание различных жаропрочных сталей).

2. Серная кислота — 10. U=10 В; $t_э$=20—30° С.

Прошивание каналов в лопатках из жаропрочных сплавов при p=7 кгс/см² и v=2 мм/мин.

3. $NH_4F \cdot HF$ — 0,5—1,0; Na_2CO_3 — 12—14. U=8—12 В; $D_а$=4—10 А/см²; R=∇6 — ∇8. (Электроабразивное чистовое шлифование жаропрочных сталей без образования шлама).

Раствор для промывки деталей из легированных и углеродистых сталей после ЭХРО в хлористых электролитах: жидкое стекло — 0,15—0,3; калия бихромат — 0,15—0,2; тринатрийфосфат (или сода кальцинированная) — 0,15—0,25.

Детали промываются при 70—90° С в этом растворе после промывки в проточной воде, затем обдуваются сухим воздухом и пассивируются в 3—5%-ном растворе азотистокислого натрия.

1.2. СОСТАВЫ ДЛЯ ЭХРО РАЗЛИЧНЫХ СПЛАВОВ

% вес.

ЭХРО магнитных литых сплавов. 1. NaCl — 15; KNO_2 — 0,5.

2. KNO_3 — 5—7; $NaNO_3$ — 0,5—1,5.

3. Натрий хлористый — 10—15.

4. KNO_3 — 7—10; $NaNO_2$ — 0,05.

Режимы составов (1) — (4): U=7—10 В; $D_а$=50—150 А/см²; $t_э$=20—25° С; Q=1—2 мм³/(А·мин); R=∇8 — ∇12; $v_{кр}$=20—25 м/с.

Составы (1) — (4) — для прошивания, шлифования металлическим или металлоабразивным кругом сплавов типов ЮНДК и АНКО.

ЭХРО титановых сплавов: 1. Натрий хлористый — 15. U=9—12 В; $D_а$=8—20 А/см²; $t_э$=20—25° С; R=∇5 — ∇6. (Прошивание полостей и отверстий).

2. KBr — 3; NaCl — 8—15. U=10—12 В; $D_а$=15—20 А/см²; $t_э$=20—30° С; Q=1,7—2,2 мм³/(А·мин); R=∇6 — ∇7. (Обработка профиля лопаток).

3. NaCl — 7; $NaNO_3$ — 14; U=10—15 В; $D_а$=10—20 А/см²; $t_э$=20—30° С; Q=2 мм³/(А·мин); R=∇7 — ∇9.

4. KBr — 8—10; NaCl — 7—10;

5. KBr — 3; NaCl — 5—10.

Режим для составов (4) и (5): U=9—13 В; $D_а$=10—20 А/см²; $t_э$=20—30° С; Q=1,8—2,2 мм³/(А·мин); R=∇6 — ∇9.

6. KBr — 3,4; KNO_3 — 6,5; NaCl — 6,9 (см. табл. 5.1).

7. KNO_3 — 11,5; NaCl — 8.

8. KNO_3 — 4,8; KBr — 1,25; NaCl — 4,8; Na_2SO_4 — 0,45 (см. табл. 5. 2).

9. KBr — 10; NaCl — 10 (см. табл. 5.3).

10. KNO_3 — 200; KBr — 10; $NaNO_2$ — 50; NaCl — 100. (Повышенное качество обработки при низких плотностях тока).

ЭХРО алюминиевых сплавов. 1. $C_6H_8O_7$ — 1,0; $NaNO_3$ — 5—10.

2. $C_6H_8O_7$ — 1,0; NaCl — 10. U=8—16 В; $D_а$=30—70 А/см²; $t_э$=25—30° С; Q=2—2,5 мм³/(А·мин); R=∇7 — ∇8. (Для алюминиевых сплавов всех типов).

3. $C_6H_8O_7$ — 2—15. U=8—16 В; $D_а$=30—60 А/см²; $t_э$=25—30° С; Q=2—2,5 мм³/(А×мин); R=∇7 — ∇8. (Для сплавов типов АМг, АК, В, Д).

Таблица 5.1

УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СОСТАВА (6) при p=4 кгс/см²

Сплав	U, В	$D_а$, А/см²	t, °С	R, ∇	Q, мм³/(мин·см²)	δ, мм
ВТ8	9—10	7—8	20—30	6—7	38—40	0,5
ВТ9	12—23	24—27	25—30	6	28—30	0,5
ВТ3-1	12—13	21—25	25—30	5—6	30—31	0,5—1
ВТ14	12—13	15—18	20—25	6—7	20—21	0,7

Таблица 5.2

УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СОСТАВА (8) при p=4 кгс/см²

Сплав	U, В	$D_а$, А/см²	t, °С	R, ∇	Q, мм³/(мин·см²)	δ, мм
ВТ8	13—14	14	25—30	6—7	40—41	0,5
ВТ9	10—12	19—22	25—30	7	30—31	0,3
ВТ3-1	12—13	20—24	20—25	7	20—21	0,3—0,5
ВТ14	13—14	16—19	20—25	5—6	23—24	0,5

Таблица 5.3

УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ СОСТАВА (9) при p=4 кгс/см²

Сплав	U, В	$D_а$, А/см²	t, °С	R, ∇	Q, мм³/(мин·см²)	δ, мм
ВТ9	10—11	28—34	25—30	6	38—40	0,5
ВТ3-1	10—11	28—30	20—25	7	40—41	0,5
ВТ14	10—11	31—37	25—30	7	32—33	0,5
ВТ5-1	10—11	27—33	25—30	6—7	33—34	0,5—0,7
ВТ4	11—12	20—28	25—30	6—7	30—31	0,5—1,0

4. KNO_3 или $NaNO_3$ — 200—300; $KHSO_4$ — 5—8; ксилит — 8—12; $C_6H_8O_7$ — 8—12. U = =24 В; D_a=50—100 А/см²; $t_э$=30—40° С. (Прошивание и профилирование сплава АМг6 при $p_{вх}$=8 кгс/см² и δ=0,3 мм).

5. H_3PO_4 — 50; NaCl — 8—10.

6. Соляная кислота — 15—20.

7. $CaCl_2$ — 20; NH_4Cl — 20. Режимы (5) — (7): U=6—10 В; D_a=30—60 А/дм²; $t_э$=20—40° С; R=△5 — ▽7. (Непроточное сквозное электрохимическое травление сплава типа Д1).

ЭХРО сплавов на медной основе. 1. NaCl — 16; $NaNO_3$ — 9.

2. $NaNO_3$ — 10; $NaNO_2$ — 2. Режимы (1) и (2): U=8—12 В; D_a=25 А/см²; $t_э$=25—30° С; R=▽9 — ▽10. (Обработка латуней типа ЛС59-1 и Л62).

ЭХРО вольфрама. Na_2HPO_4 — 10—15; Na_2CO_3 — 5—7. U=8—18 В; D_a=15—25 А/см²; $t_э$=20—25° С; R=▽7 —▽9. (Электроабразивное шлифование кругами на металлической связке).

ЭХРО ниобия. 1. KBr — 10—15.

2. NaCl — 10; KBr — 3. Режимы (1) и (2): U=25—30 В; D_a=20—40 А/см²; $t_э$=20—35° С; R=▽5 — ▽7; p=10 кгс/см². (Формообразование и прошиваиие ниобия НП-13Д и сплана ВН-3).

3. KNO_3 или $NaNO_3$ — 0,5—2; KBr или NaBr — 30—50; H_3BO_3 — 3; NaOH или KOH — 0,5—2,0. U=6 В; $t_э$=20—30° С; R= =▽6 — ▽7; δ=0,3 мм; $p_{вх}$=8 кгс/см²; η_a~70%; pH=13. (Формообразование при повышенной стабильности электролита).

ЭХРО твердых сплавов. 1. Na_2CO_3 — 5—6; NaCl — 7,5.

2. Na_2CO_3 — 10—15; NaCl — 8—10.

3. $Na_2B_4O_7$ — 1,5; $NaNO_2$ — 1,0; $NaNO_3$ — 5,0; Na_2CO_3 — 3,0.

4. NH_4Cl — 4—6; Na_2CO_3 — 8—12; трилон — 1—2.

5. NaF — 1,0; Na_2CO_3 — 2—6.

Различные виды обработки (прошивание, шлифование, разрезка) твердых сплавов различных марок. Режимы подбираются в зависимости от цели обработки и требований к качеству поверхности.

6. NaOH — 5; NaCl — 10.

7. $NaNO_3$ — 20; NaF — 5.

8. KF — 5; KNO_3 — 5; NaF — 2.

Составы (6) — (8) — для профильного электрохимического шлифования графитовыми или металлическими дисками твердых сплавов различных марок.

9. KNO_3 — 5; $NaNO_2$ — 0,2; $Na_2B_4O_7$ — 0,3; Na_2CO_3 — 1.

10. KNO_3 — 5; $NaNO_2$ — 0,3—0,5.

11. $NaNO_2$ — 0,3—0,5; $NaNO_3$ — 5.

12. KNO_3 — 5; NaF — 5; $NaNO_2$ — 0,3.

13. $NaNO_3$ — 3—15; $NaNO_2$ — 0,1—0,5; $KMnO_4$ — 0,4—2,5. U=8—18 В; D_a=25 А/см²; $t_э$=20—30° С; R=▽7 — ▽9.

Составы (9) — (13) — для электроалмазной заточки твердых сплавов различных марок.

14. KNO_3 — 1—2. D_a=15—30 А/см²; Q= =100—120 мм³/мин. (Электроалмазное шлифование твердых сплавов типа ТК).

15. NaCl — 15; Na_2CO_3 — 5.

16. NH_4Cl — 10.

17. NaCl — 15.

Составы (15) — (17) — прошивание твердых сплавов типа Т5К10.

18. NaOH — 3; $CaCO_3$ — 5; NaCl — 5. U=8 В; $t_э$=60—70° С; $v_{кр}$=25 м/с. (Профилирование твердосплавных резцов Т15К6, ВК8, ВК6М).

19. $NaNO_3$ — 5; $NaNO_2$ — 1; $Na_2B_4O_7$ — 0,75; Na_2CO_3 — 0,4; Na_3PO_4 — 0,7. U=10—12 В; $t_э$=20—30° С.

20. $NaNO_2$ — 6,5; $NaNO_3$ — 1,2; $Na_2B_4O_7$ — 1; Na_3PO_4 — 0,8; Na_2CO_3 — 0,5. U=10—12 В; $t_э$=20—30° С.

Составы (19—20) — сверление твердых сплавов типа ВК (ВК20М, ВК15, ВК8) алмазным сверлом.

21. $NaNO_3$ — 3—5. U=20—24 В; D_a= =0,5 А/см²; $t_э$=20—25° С; Q=0,15—0,3 мм/ч; R=▽9 — ▽10. (Лентóчное шлифоваиие сплава ВК8).

22. $NaNO_3$ — 5—10; NaOH — 10.

23. $NaNO_2$ — 3,5; Na_2CO_3 — 3,0; Na_2SO_4 — 0,15; $Na_2B_4O_7$ — 0,07.

Составы (22), (23) — прошивание и профилирование твердых сплавов типа ВК.

24. $NaNO_3$ или KNO_3 — 5—20; NaOH или KOH—5—15; $Na_2C_2O_4$ или $K_2C_2O_4$—0,5—9. U=10—20 В; D_a=50—120 А/см²; $t_э$=20—30° С; Q=0,45—1,0 мм/мин; R=▽8 — ▽9. $v_{кр}$=30—60 м/с. Профилирование сплавов типа ВК.

25. $NaCH_3COO$ — 1—6; NaOH — 5—20; $NaNO_3$—5—20. U=10—22 В; D_a=50—60 А/см²; $t_э$=20—30° С; Q=0,4—0,65 мм/мин; R=▽8 — ▽9; v=30—50 м/с.

26. $NaNO_3$ — 0,5; $NaNO_2$ — 1.

Составы (25), (26) — прошивание и профилирование твердых сплавов типа ВК.

27. NaCl — 10; Na_2CO_3 — 5. U=12—20 В; D_a=40—80 А/см²; $t_э$=20—30° С; p=5 кгс/см²; δ=0,25 мм. (Прошивание и профилирование твердого сплава ВК15).

28. $NaNO_3$ — 5; $NaBrO_3$ — 0,75; Na_3PO_4 — 0,7; $NaNO_2$ — 1,0; Na_2CO_3 — 0,4.

29. $NaNO_3$ — 6; $NaNO_2$ — 3; Na_3PO_4 — 0,75.

30. KNO_3 — 7,5; $NaNO_3$ — 0,3. U=6 В; D_a=5—15 А/см²; $t_э$=20—25° С; $v_{кр}$=25 м/с.

Составы (28) — (30) — шлифование наплавленного релита.

31. $NaNO_3$ — 15; $NaNO_2$ — 0,05; сегнетова соль — 2. U=10 В; $t_э$=20—30° С; p= =5—8 кгс/см²; Q=5—6 г/мин; $v_{кр}$=22—25 м/с. (Одновремеиное электроалмазное шлифование твердого сплава и стали).

2. СОСТАВЫ РАСТВОРОВ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОЙ РАЗМЕРНОЙ ОБРАБОТКИ (ХРО)

В качестве рабочих сред для осуществлеиия ХРО в принципе пригодны любые химические вещества, способные разрушать (растворять, переводить в механически непрочные соединеиия) подлежащий обработке металл. Однако практически, с учетом большого комплекса иногда противоречивых требоваиий (высокая химическая активность, доступность, удобство пользования, экономичность и т. д.), число веществ, применяемых для реализации мето-

да, сравнительно невелико. Ниже приводятся рецепты составов для ХРО, прошедших в той или иной степени практическую проверку.

2.1. СОСТАВЫ ДЛЯ ХРО СТАЛЕЙ

1 $CuSO_4$ — 1,7; KI — 1,8.

2. $CuSO_4$ — 8; NaCl — 16; $C_2H_4O_2$ — 3;

3. $CuSO_4$ — 25; $K_2Cr_2O_7$ — 5; HNO_3 — 30. Составы (1) — (3) — для углеродистых сталей.

4. HNO_3 (ρ=1,41 г/см³) — 60; HCl (ρ=1,14) — 40. Съем ~ 12 мкм/мин. (ХРО легированной стали Х18Н9Т).

2.2. СОСТАВЫ ДЛЯ ХРО ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ

1. $KClO_3$ — 5; HCl — 2. (ХРО меди и латуни).

2. NaOH — 45—60. t=70—80° С; Q для сплава Д1—4 мм/ч; для силумина — 0,8 мм/ч.

3. NaOH — 30. Q для алюминия — 0,8 мм/ч.

4. HCl — 30. t=40° С; Q для алюминия — 1,2 мм/ч, дюралюминия — 1,8 мм/ч, силумина — 1,4 мм/ч.

5. $(NH_4)_2S_2O_8$ — 15—18 г/л; NaOH — 250—300 г/л; $Na_2S_2O_8$ — 25—30 г/л; KF — 6—8 г/л. (ХРО алюминиевых сплавов).

3. СОСТАВЫ ДЛЯ МЕСТНОЙ ЗАЩИТЫ ПОВЕРХНОСТИ В ПРОЦЕССАХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

В большинстве операций, выполняемых электрохимическим растворением, постоянно возникает необходимость предохранения отдельных участков поверхности обрабатываемой заготовки или обрабатывающего инструмента (электрода-инструмента) от воздействия рабочей среды. Для этого служат разнообразные составы, образующие на защищаемой поверхности устойчивые к действию среды защитные пленки.

3.1. СОСТАВЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ЭХРО

В связи с относительно небольшой коррозионной агрессивностью большинства электролитов, применяемых при электрохимической размерной обработке, местная защита нерабочих участков электродов или мест, не подлежащих воздействию электролита, может быть осуществлена с помощью лаков и защитных покрытий, например гуммированием. При этом нужно обеспечить, чтобы покрытие обладало хорошей адгезией к защищаемой поверхности, было удобным для нанесения и удаления, длительно сохраняло непроницаемость при нахождении в среде электролита.

Составы некоторых покрытий, проверенных практически, приводятся ниже.

1. Эпоксидное покрытие поверхности электрода (вес. ч.). Смола эпоксидная ЭД-5 или ЭД-6 — 100; дибутилфталат — 15; железный сурик — 5—10; маршалит — 9—10; полиэтиленполиамин — 9—10.

Смола нагревается до 35—40° С (ЭД-5) или до 50° С (ЭД-6), до той же температуры нагревается наполнитель (сурик, маршалит), и они смешиваются. Затем вводят дибутилфталат, а после охлаждения до 28—32° С вводят при помешивании полиэтиленполиамин.

Покрытие наносят на электрод, подогретый до 45—50° С. После сушки (в течение 12—18 ч) прогревают электрод с покрытием в термостате при 60° С — 30 мин, при 80° С — 30 мин, при 100° С — 30 мин. Охлаждают вместе с термостатом.

2. Фторопластовое покрытие поверхности электрода. Материал покрытия — порошок фторопласта 3М.

Электрод нагревают до 270° С и погружают на 2 с во взвешенный продувкой воздухом фторопластовый порошок. Толщина оплавленного покрытия зависит от температуры нагрева электрода и длительности выдержки. При толщине 0,1—0,2 мм защитное действие сохраняется в течение 40—50 ч в растворе хлористого натрия при 40° С.

Перед нанесением покрытия поверхность электрода обдувают песком и обезжиривают ацетоном.

3. Стиракриловое покрытие поверхности электрода. Материал покрытия — стиракрил. Покрытие наносится окунанием или кистью. Отверждение 1 ч. Перед нанесением покрытия поверхность покрывают рисками или делают шероховатой электроискровым способом.

4. Поливинилбутиралевое покрытие поверхности электрода.

Поливинилбутираль — напыление в течение 1 мин во взвешенном порошке (в «кипящем» слое) при нагреве поверхности электрода до 350° С. Охлаждение на воздухе. Применяется для стальных электродов.

5. Керамические (эмалевые) покрытия поверхности электродов эмалями 174Т и 174Р. Пескоструйная обработка поверхности; обезжиривание спиртом; сушка 5—7 мин при 80—90° С; покрытие эмалевой суспензией (ρ = 1,35—1,62 г/см³, помол нулевой); сушка 10—15 мин при 80—90° С; обжиг 2—5 мин при 850—860° С; покрытие эмалью 405А; пескоструйная обработка; обезжиривание спиртом; сушка 5—7 мин при 80—90° С; покрытие грунтом 18/28 нулевого помола; сушка 10—15 мин при 100° С; обжиг грунта 3—6 мин при 880—890° С; покрытие охлажденного электрода эмалью 405А нулевого помола; сушка 10—15 мин при 80—90° С; обжиг 3—6 мин при 870±10° С.

6. Комбинированное покрытие ажурных электродов (стенка 0,3—0,5 мм). Толстостенную заготовку покрывают эмалью (например, 405А) и растачивают до нужной толщины. Затем окунанием наносят слой фторопластовой суспензии СК, разбавленной смесью (спирт этиловый — 70%; ксилол — 30%). Сушка каждого слоя при 230° С до затвердевания.

7. Лаковое покрытие поверхности электродов.

Полиэтилфенилэтиловый лак, разбавленный растворителем Р5 до вязкости 25 с по Вз-4. Наносят 2—3 слоя с промежуточной сушкой каждого слоя при 240—250° С до затвердевания.

Покрытие стойко в кислой и щелочной среде.

8. Покрытие поверхности тонких стальных электродов (игл): лак эпоксидный ЭП-075. Наносится окунанием или кистью. Сушка на воздухе или при нагреве.

3.2. СОСТАВЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПРИ ХРО

Не отличаясь по принципу применения, защитные составы этой группы предназначены для работы в более агрессивных средах, чем при ЭХРО. Этим предопределяется подбор защитных материалов, некоторые составы которых приводятся ниже.

1. Резиновый клей 88 — 50; маршалит — 50.
2. Резиновый клей 88 — 57; каолин (сито № 200) — 43.
3. Резиновый клей 88 — 50; фарфор молотый — 50.
4. Резиновый клей 88 — 50—57; тальк — 43—50.

Составы (1)—(4) — для местной защиты при ХРО алюминиевых сплавов в крепких щелочных растворах. Необходимая вязкость получается добавкой разбавителя — бутилацетата или смеси этилацетата с бензином (2 : 1). Оптимальная вязкость — 15—16 с по Вз-4. Высыхание покрытия на воздухе — 8—10 ч; при 40° С — 3—4 ч.

Покрытие наносится окунанием, затем после высыхания на соответствующих местах детали затвердевшая пленка механически соскребается.

При необходимости покрытие можно удалить в смеси бензин — этилацетат — 1 : 2.

5. Эмаль ХСЭ-101 — 30—37; разбавитель Р5 — 23—29; резиновая смесь 9010 — 3—3,5; бензин Б-70 — 34—40. Применяют для местной защиты алюминиевых сплавов при ХРО.

4. СОСТАВЫ СМЕСЕЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНЫХ АБРАЗИВНЫХ И ЭЛЕКТРОАЛМАЗНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ЭХРО

Ряд операций, входящих в комплекс методов ЭХРО, осуществляется с использованием электропроводных абразивных инструментов (кругов, брусков и т. п.). Изготовление таких инструментов возможно различными способами: по обычной абразивной технологии с введением проводящих добавок в состав массы круга; методами гальванопластики — закреплением зерен абразива гальванически формирующимся металлом, засыпкой абразива в расплавленный металл и отливкой массы в форму; прессованием абразивных смесей на металлических связках и т. д.

Для ЭХРО успешно применяют абразивные и алмазные круги на различных металлических связках, выпускаемые промышленностью:

на медно-оловянной основе — М1, МС2, МС6;

на медно-алюминиевой основе — МО13Э, МО4, МВ1, М5-5 и др.

Примером состава, специально рекомендуемого в качестве связки для электропроводных абразивов при ЭХРО, может служить следующий (% вес.): медь — 61,6—63,2; серебро — 2—3; олово — 15,8—15,4; стекло — 19—20.

В качестве связок инструментов для ЭХРО применимы также многие металлические связки, описываемые в гл. XII.

Некоторые индексы **МКИ**, которыми сведения гл. V классифицируются в патентной литературе:

С 23	Обработка металлов немеханическими способами
Подкласс С 23 b	Электролитическая обработка поверхности металлов и нанесение покрытий
Группа 3/00	Электролитическое травление или полирование
3/02	Травление
3/04	Местное
3/06	Полирование

Некоторые индексы **УДК**, которыми сведения гл. V классифицируются в печатных изданиях:

621.357	Промышленная электрохимия
621.9.047	Химическая и электрохимическая обработка
621.9.047.4	Химическая обработка разъеданием или травлением
621.9.047.7	Электролитическая обработка. Электрохимическая размерная обработка
621.923.66	Электролитическая заточка

ГЛАВА VI

СОСТАВЫ НАГРЕВАТЕЛЬНЫХ, ЗАКАЛОЧНЫХ И ЗАЩИТНЫХ СРЕД ПРИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ И НАГРЕВЕ ПОД ГОРЯЧУЮ ОБРАБОТКУ МЕТАЛЛОВ

Нагрев металлической заготовки или детали до заданной температуры для изменения их пластических свойств или для последующей термической обработки (закалки, отпуска, отжига и т. д.) — одна из наиболее широко распространенных в промышленности разновидностей технологии металлообработки.

Цель нагрева металла — временное изменение его свойств, облегчающее выполнение операций механической обработки давлением, снятие внутренних напряжений, подготовка к последующим операциям термомеханической или термической обработки и т. д.

Цель термической обработки (длительный нагрев по заданному режиму, охлаждение с заданной скоростью и т. д.) — остающееся изменение структуры и свойств металлов и сплавов (фиксация выделившихся или растворившихся фаз; повышение или понижение твердости, вязкости и прочностных характеристик; изменение зернистости и т. п.).

Независимо от того, с какой целью и в каких условиях проводится нагрев металла, технологи, проводящие эту операцию, постоянно сталкиваются с необходимостью подбора оптимальных условий, обеспечивающих: 1) эффективную передачу тепла от источника нагрева металлу; 2) защиту поверхности металла от окисления в процессе нагрева; 3) отвод тепла от нагретого металла с заданной скоростью (часто весьма большой).

Вопросы обеспечения заданного температурного режима и контроля за протеканием процесса нагрева, при котором также используются различные технохимические составы (термоиндикаторные краски, плавкие индикаторы и т. д.), здесь не рассматриваются.

Приводятся данные о некоторых нагревательных, защитных и охлаждающих составах, используемых для решения названных выше задач.

1. СОСТАВЫ ДЛЯ НАГРЕВА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК И ДЕТАЛЕЙ

В технике применяется весьма большое число способов нагрева металлов — от воздействия на них открытым пламенем (печи, горелки) до нагрева электрическим полем и нагрева в электролите. Механизм переноса тепла при этом различен — излучение, конвекция, генерация тепла внутри объекта, контактная теплопередача, перенос жидкой средой и т. д.

Здесь рассматриваются только те виды нагрева, при которых теплоноситель (среда, передающая тепло от источника к объекту нагрева) представляет собой твердую или жидкую среду, находящуюся в непосредственном контакте с нагреваемым объектом и источником тепла, либо используемую одновременно в качестве среды, генерирующей тепло (соляные ванны, электролитный нагрев).

Сама нагреваемая заготовка или деталь могут при этом не участвовать в процессах генерации тепла (нагрев в порошках, нагрев в расплавах стекла и т. п.), но могут и быть одним из элементов, генерирующих тепло (заготовка — катод при нагреве в электролите, заготовка — электрод в соляной ванне и т. д.).

1.1. СОСТАВЫ ВАНН ДЛЯ НАГРЕВА В РАСПЛАВАХ СОЛЕЙ

В некоторых технологических процессах металлообработки требуется осуществлять обычный или безокислительный нагрев деталей для термической обработки (закалки, отжига, отпуска) с большой скоростью при высоких температурах. Одним из распространенных способов такого скоростного нагрева является помещение детали в низковязкую жидкую среду, нагретую до соответствующей температуры (расплав). Наиболее часто применяются расплавы различных неорганических солей, реже — металлов. В качестве солей используют хлориды, фториды, карбонаты, нитраты, сульфаты, тиосульфаты, роданиды, цианиды, гидроокиси и некоторые другие соединения.

Основные требования, которым должна удовлетворять нагревательная соль: отсутствие корродирующего действия на поверхности обрабатываемых деталей и оборудования; низкая температура плавления; невысокая вязкость; отсутствие разложения при некотором превышении температуры плавления; безвредность для персонала; хорошая электропроводность; дешевизна и

доступность; длительная сохранность без увлажнения или разложения; легкость удаления с поверхности изделий; совместимость с другими солями и ряд других.

Составы соляных ванн для различных операций термической обработки исчисляются сотнями. Ниже приводятся некоторые типичные составы для термической обработки (в % вес.).

Окончательный нагрев под закалку изделий из быстрорежущей и высоколегированной стали:

	1	2	3	4
$BaCl_2$	100	95	90	96
$MgBF_4$	—	—	—	—
NaCl	—	5	10	4
$t_{раб}$, °C	1020—1320		950—1300	1000—1310

Предварительный подогрев при закалке изделий из быстрорежущей и высоколегированной стали:

	5	6	7	8
$BaCl_2$	78	65	50	80
KCl	—	—	50	20
NaCl	22	35	—	—
$t_{пл}$, °C	635	670	640	640
$t_{раб}$, °C	700—950	730—930	680—870	680—1060

Окончательный нагрев под закалку изделий из углеродистой и легированной стали:

9. NaCl — 100. $t_{пл}$=800 °C; $t_{раб}$=850—920° C.

10. KCl — 100. $t_{пл}$=776° C; $t_{раб}$=820—920° C.

11. KCl — 56; NaCl — 44. $t_{пл}$=655° C; $t_{раб}$=700—900° C.

12. Сильвинит — 100. $t_{пл}$=730° C; $t_{раб}$= =790—900° C.

13. KCl — 40; сильвинит — 60. $t_{пл}$=650° C; $t_{раб}$=750—900° C.

14. K_2CO_3 — 50. NaCl — 50. $t_{пл}$=560° C; $t_{раб}$=600—900° C.

15. KCl — 70; $Na_2B_4O_7$ — 30. $t_{пл}$=705° C; $t_{раб}$=750—900° C.

16. $BaCl_2$—22; KCl — 41; NaCl — 37. $t_{пл}$=552° C; $t_{раб}$=500—800° C.

17. $BaCl_2$ — 5; KCl — 70; NaCl — 25. $t_{пл}$= 500° C; $t_{раб}$=540—870° C.

18. $CaCl_2$ — 50; NaCl — 50. $t_{пл}$=620°C; $t_{раб}$=720—900° C.

Отжиг и нормализация заготовок:

	19	20	21
$BaCl_2$	50	75	53
KCl	—	—	27
NaCl	50	25	20
$t_{пл}$, °C	700	704	550
$t_{раб}$, °C	750—920	760—925	680—1150

22. $BaCl_2$ — 83; BaF_2 — 17. $t_{пл}$=844° C; $t_{раб}$=900—1000° C.

23. Na_2CO_3 — 50; NaCl — 50. $t_{раб}$—590—900° C.

24. KCl — 50; Na_2CO_3 —50; $t_{пл}$=560° C; $t_{раб}$=590—900° C.

Бесщелочные ванны для ступенчатой и изотермической закалки изделий из углеродистой и легированной стали:

	25	26	27
KNO_3	50	20	50
$NaNO_2$	—	—	45
$NaNO_3$	20	80	5
$t_{пл}$, °C	145	230	140
$t_{раб}$, °C	180—240	260—550	145—590

28 $NaNO_3$ — 100. $t_{пл}$=317° C; $t_{раб}$=325—600° C.

29. KNO_3 — 55; $NaNO_3$ — 45. $t_{пл}$=220° C; $t_{раб}$=260—480° C.

30. $NaNO_2$ — 45; $NaNO_3$ — 45. $t_{пл}$=221° C; $t_{раб}$=250—550° C.

Светлая закалка изделий из быстрорежущей и высоколегированной стали

	31	32	33
KOH	—	75	65
NaOH	100	25	35
$t_{пл}$, °C	318	140	155
$t_{раб}$, °C	350—400	150—250	180—350

В состав (33) вводят (осторожно!) 3—6% вес. воды сверх 100% (до нагрева).

Ступенчатая закалка изделий из быстрорежущей и высоколегированной стали.

34. KNO_3 — 100. $t_{пл}$=335° C; $t_{раб}$=360—600° C.

35. $NaNO_3$ — 95; Na_2CO_3 — 5. $t_{пл}$=304° C; $t_{раб}$=380—520° C.

36. Карналлит — 100. $t_{пл}$=440° C; $t_{раб}$= =470—600° C.

Светлая закалка изделий из быстрорежущей и высоколегированной стали.

37. NaOH — 100. $t_{раб}$=350—700° C.

38. KOH — 100. $t_{пл}$=360° C; $t_{раб}$=400—650° C.

39. KCl — 15; NaOH — 85. $t_{пл}$=296° C; $t_{раб}$=330—600° C.

40. K_2CO_2 — 37,5; NaOH — 62,5. $t_{пл}$= =238° C; $t_{раб}$=290—600° C.

Отпуск закаленных стальных изделий:

41. $NaNO_2$ — 100. $t_{пл}$=271° C; $t_{раб}$=300—350° C.

42. KNO_3 — 40; $NaNO_2$ — 60. $t_{пл}$=172° C; $t_{раб}$=220—550° C.

43. KNO_3 — 30; NaCl — 5; NaNO — 65. $t_{раб}$=290—550° C.

Светлый отпуск: 44. KOH — 63; NaOH — 37. $t_{пл}$=159° C; $t_{раб}$=180—350° C.

45. NaOH — 60; NaCl — 40. $t_{пл}$=450° C; $t_{раб}$=550—700° C.

46. $NaNO_2$ — 5; NaOH — 95. $t_{пл}$=270° C $t_{раб}$=300—550° C.

Изотермическая закалка и отпуск, совмещенные с оксидированием поверхности:

	47	48	49	50
$NaNO_2$	90	10	15	25
$NaNO_3$	—	15	25	30
NaOH	80	75	60	45
$t_{пл}$, °C	250	250	280	280
$t_{раб}$, °C	280—550	280—600	300—500	300—500

Термическая обработка алюминиевых сплавов:

	51	52	53	54
KNO_3	65	45	33	53
$NaNO_2$	—	—	—	40
$NaNO_3$	35	55	67	7
$t_{пл}$, °C	215	218	232	140
$t_{раб}$, °C	250—600	250—590	260—540	180—540

Составы (51), (53) и (54) — нагрев под закалку; (52) и (54) — отжиг.

В основные составы соляных ванн для предотвращения окисления обрабатываемых изделий и восстановления образующихся окислов вводятся раскислители различного состава, в основном разделяющиеся на две группы:

1) раскислители, разлагающие окислы,— древесный уголь, графит, кремний кристаллический, ферросилиций и др.;

2) раскислители, связывающие окислы металлов в сложные труднорастворимые соединения, выпадающие в виде осадка на дно ванны и легко удаляемые, — бура, борная кислота, фтористые соли и др. Иногда раскислители первой и второй групп смешивают между собой. Составы некоторых раскислителей приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

РАСКИСЛИТЕЛИ ДЛЯ СОЛЯНЫХ ВАНН

Раскислитель	Количество раскислителя в % к весу соли в ванне	Типы раскисляемых ванн (№ рецепта на стр. 73)
Борфторид магния	1—2	1, 2, 3
Бура	2—3	1
	0,5—1,0	1, 2, 5
Графит	1	2
Желтая кровяная соль	0,5	3
	0,1—0,5	11
Карборунд	0,5	8, 9, 10
Кремний металлический	1	3
Окись кремния	1	1, 2, 3
Уголь древесный	0,5	9
Ферросилиций (FeSi)	0,5	1
	1—2	5
	0,1—0,5	10
Фтористый магний (MgF_2)	5	1
Цианистый натрий (NaCN)	2—4	(80% сильвинита + +20% соды)
	1—3	5,23

1.2. СИЛИКАТНЫЕ СОСТАВЫ ДЛЯ НАГРЕВА МЕТАЛЛОВ

К составам для нагрева в расплавах относятся и всевозможные силикатные расплавы, в основном близкие к составам стекол, получающие заметное распространение в практике нагрева металлических заготовок благодаря своей дешевизне и эффективности.

Для нагрева заготовки помещаются в тигель с жидкой стекломассой, нагретой до требуемой температуры, и выдерживаются в ней заданное время. После извлечения заготовки из расплава на ней остается тонкая пленка стекла, защищающая поверхность металла от окисления до остывания заготовки, а затем легко удаляющаяся благодаря повышенной хрупкости.

Удаление пленки возможно также механической обдувкой песком или дробью либо травлением в кислотных или щелочных ваннах. Температурные пределы использования расплавов стекол следующие (ориентировочно):

углеродистые, низколегированные стали, нержавеющие, жаропрочные сплавы, хромоникелевые сплавы — 1000—1300° С;

тугоплавкие металлы — 1000—1400° С.

Выбор состава стекол определяется характером нагреваемого металла, температурой нагрева, а также тем, используется ли стекло только для нагрева или и в качестве защитной либо смазывающей пленки в последующих операциях.

Примеры применяемых составов:

1. Оконное стекло с добавками кальцинированной соды. Дает расплав низкой вязкости с небольшой остаточной пленкой на заготовках (0,6—0,1 мм).

2. Расплав силикат-глыбы содовой (ГОСТ 13079—67) с низким значением модуля ($SiO_2 : Na_2O$).

3. Защитное стеклянное покрытие для углеродистой стали, обладающее жаростойкостью, улучшенной адгезией к углеродистой стали и смазочными свойствами. Состав (% вес.): SiO_2 — 66,4—68,4; Al_2O_3 — 2,5—3,5; Na_2O — 18,2—19,2; TiO_2 — 7,5—8,5; Co_2O_3 — 2,4—3,4.

Наносится покрытие в виде водной суспензии с добавкой жидкого стекла как связующего. При 1180° С предохраняет от окисления сталь 10 в течение 15 мин.

1.3. СОСТАВЫ ДЛЯ НАГРЕВА ТОКОПРОВОДЯЩИХ МАТЕРИАЛОВ В ЭЛЕКТРОЛИТАХ

Сущность электролитного нагрева, как известно, заключается в том, что нагреваемая деталь помещается в качестве катода в раствор соответствующего электролита и при пропускании тока повышенного напряжения (200—300 В) и высокой плотности на поверхности детали протекает ряд процессов, приводящих к весьма быстрому и интенсивному ее нагреву.

Основные составы электролитов, применяемых для этой цели (% вес.) (Вода везде — до 100%):

1. Na_2CO_3 — 14—16.
2. K_2CO_3 — 20 — 25.
3. $K_2C_2H_3O_2$ — 25—30.

2. ЗАЩИТА ПОВЕРХНОСТИ ЗАГОТОВОК ИЛИ ДЕТАЛЕЙ В ПРОЦЕССАХ НАГРЕВА

Соприкосновение нагретого до высокой температуры металла с воздухом практически всегда сопряжено с окислением металла кислородом воздуха и другими явлениями, например выгоранием углерода из состава содержащих его сплавов (чугун, углеродистые стали). Нежелательность таких явлений (кроме случаев, когда они нужны) стимулирует разработку способов предотвращения окисления или обезуглероживания.

Основным направлением поиска при этом является создание вокруг нагреваемого объекта такой атмосферы, которая препятствует протеканию нежелательных реакций (инертная, нейтральная, восстановительная и т. п.); помещение нагреваемого объекта в среду теплоносителя, предотвращающего доступ воздуха к поверхности; нанесение на поверхность нагреваемого объекта различных защитных покрытий (пленок, обмазок и т. п.). Во всех этих случаях для проведения операции применяют различные газообразные, жидкие, твердые композиции. Некоторые составы рассматриваются ниже.

2.1. ЗАЩИТНЫЕ (КОНТРОЛИРУЕМЫЕ) АТМОСФЕРЫ

Газовые среды, создаваемые в нагревательных устройствах (печах) с целью предотвращения окисления или обезуглероживания черных металлов и сплавов, а также для химико-термического насыщения поверхности различными элементами (цементация, цианирование), носят общее название контролируемых атмосфер. В соответствии с назначением они разделяются на атмосферы: защитные, науглероживающие и специальные — для химико-термической обработки.

В данном разделе рассматриваются только защитные контролируемые атмосферы.

Составы наиболее широко распространенных контролируемых защитных атмосфер приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2

КЛАССИФИКАЦИЯ КОНТРОЛИРУЕМЫХ АТМОСФЕР

Тип атмосферы	Способы получения (основные)
I. Водород — водяной пар — азот	Электролиз воды (чистый водород)
	Диссоциация аммиака
	Частичное сжигание водорода
II. Водород — метан — водяной пар — азот	Взаимодействие водорода с древесным углем
	Синтетическая смесь водорода и метана
III. Водород — водяной пар — окись углерода — азот	Частичное сжигание углеводородных газов в эндотермическом генераторе (крекирование углеводородов)
IIIa. То же и метан	Конверсия метана
IV. Окись углерода — двуокись углерода — азот	Газогенераторный процесс
V. Окись углерода — двуокись углерода — водород — водяной пар — азот	Частичное сжигание газов
Va. То же и метан	
VI. Азот — окись углерода — водород	Частичное сжигание газов с очисткой
	Очистка технического азота в смеси с водородом

Ниже приводятся сведения о некоторых других составах и их назначении.

Литиевая защитная атмосфера для нагрева стали в печах открытого пламени. Создается введением солей лития

(карбоната лития Li_2CO_3) в сжигаемый газ. Средний расход Li_2CO_3 для сталей марок 45 и У10 — около 10 г/нм³ газа. Подача порошка должна быть непрерывной. Коэффициент расхода воздуха при сжигании α=0,7—0,9.

Таблица 6.3

ПРИМЕНЕНИЕ КОНТРОЛИРУЕМЫХ АТМОСФЕР

Вид термообработки и обрабатываемый материал	Тип атмосферы (по табл. 6.2)
Отжиг	
Малоуглеродистая сталь . . .	I, V, Va, VI
Средне- и высокоуглеродистая сталь	II, III, IIIa, IV, V, Va, VI
Быстрорежущая сталь	III, IIIa, V, Va
Нержавеющая сталь	I
Высококремнистая сталь и трансформаторное железо .	I, V, Va
Чугун ковкий ферритный . .	IV, V, Va, VI
Чугун ковкий перлитный . .	III, IIIa, IV, V, Va, VI
Нормализация	
Малоуглеродистая сталь . . .	I, IV, V, Va
Средне-, высокоуглеродистая и легированная сталь . . .	III, IIIa, IV, V, Va
Закалка	
Средне-, высокоуглеродистая и легированная сталь . . .	III, IV, V, Va, VI
Быстрорежущая сталь	III, IIIa, V, Va, VI
Отпуск	
Сталь всех марок	III, V, Va, VI
Пайка при 1100°С	
Малоуглеродистая сталь . . .	I, III, IV, V, Va
Средне-, высокоуглеродистая и легированная сталь . . .	II, III, IV, V, Va
Нержавеющая сталь	I
Спекание порошков	
Малоуглеродистые сплавы на железной основе	I, III, IV, V
Высокоуглеродистые и легированные сплавы	I, III, IIIa, V, Va
Цементация	
Цементируемые стали всех марок	III, IIIa, V

Азотоводородная атмосфера с 4% H_2. Получается смешением технического азота с диссоциированным аммиаком с последующей очисткой от кислорода до 0,001—0,002% и осушкой до точки росы (—60° С). Применяется для большого числа жаропрочных сплавов и нержавеющих сталей. Состав дешевый и взрывобезопасный во всем интервале рабочих температур.

Универсальная контролируемая атмосфера из природного газа. Получается в камере сжигания экзотермического генератора из воздуха и природного газа в соотношении, близком к коэффициенту расхода воздуха α=1.

2.2. ЗАЩИТА ПРИ НАГРЕВЕ НАНЕСЕНИЕМ ПОКРЫТИЙ

Защита поверхности металлических заготовок и деталей от окисления при нагреве может осуществляться нанесением различных обмазок, обладающих достаточной теплостойкостью и газонепроницаемостью в процессе нагрева, а затем относительно легко удаляемых с поверхности после ее охлаждения.

Для этой цели применяют разнообразные вещества, например: суспензию стеклянного порошка в изопропане; водные коллоидальные графитовые препараты; водные суспензии бентонита; легкоплавкие стеклоэмали (борные, бариевые); азотнокислый натрий и др. Приводим несколько рецептов защитных составов на основе перечисленных веществ.

Стеклянное покрытие для защиты сталей и сплавов. Малощелочное боросиликатное стекло измельчается в порошок (частицы менее 70 мкм) и смешивается с 6—8% (от веса стекла) огнеупорной глины. Сухая смесь разводится связующим: жидкое натриевое стекло (ρ = 1,49 г/см³) — 8—10% от веса порошка или концентрат сульфитно-спиртовой барды — 15—20% от веса порошка. При плотности полученной суспензии 1,55—1,95 г/см³ она наносится на поверхность заготовки окунанием, распылением или обмазкой. Затем следует сушка (2—4 ч при 18—22° С; 30—40 мин при 40° С; 20 мин при 40° С; 10 мин при 100° С).

Покрытие хорошо защищает поверхность нержавеющих сталей, жаропрочных сплавов, сплавов на никелевой основе и титановых в интервале 800—1250° С и низко- и среднелегированных углеродистых — до 950° С. Выше 950° С защита углеродистых и низколегированных сталей этим покрытием неудовлетворительна.

Солевое покрытие для защиты титана и его сплавов. На поверхность титана и его сплавов перед термообработкой наносится солевое покрытие из раствора на основе азотнокислого натрия, в состав которого вводят окись магния при следующем соотношении компонентов (% вес.): $NaNO_3$ — 40—50; MgO — 1—4; H_2O — до 100%.

Нанесение покрытия проводят при температуре 50—70° С.

Изделие выдерживается в растворе до полного прогревания. В зависимости от своих габаритов, толщины стенок, объема раствора и т. д. — обычно 10—20 мин. После этого изделие высушивается на воздухе или в сушилках и может подвергаться нагреву с целью термообработки или под ковку, прокатку, прессование и т. д.

Данное солевое покрытие обеспечивает защиту от глубокого окисления при температурах 550—900° С.

3. СОСТАВЫ И СРЕДЫ ДЛЯ ЗАКАЛКИ НАГРЕТЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Основным содержанием любых закалочных операций является создание условий быстрого отвода тепла от нагретого метал-

ла. Обычно это достигается помещением нагретого до заданной температуры металлического изделия в жидкую среду, обладающую необходимой охлаждающей способностью, — закалочную жидкость.

Составы закалочных жидкостей весьма разнообразны. Их выбор обусловливается наличием требуемых теплофизических и химических свойств (теплоемкость, теплопроводность, термостойкость, негорючесть, характер взаимодействия с поверхностью охлаждаемого металла, скорость теплоотвода и т. д.), экономическими характеристиками, технологичностью, доступностью, возможностью регенерации и многими другими факторами.

В основном все жидкие закалочные среды можно разделить на следующие группы: вода и водные составы; масла и органические жидкости; эмульсии; расплавы солей.

За некоторыми исключениями наибольшей закаливающей способностью обладают вода и водные растворы солей, затем следуют масла и органические жидкости, эмульсии, расплавы солей.

8.1. ВОДНЫЕ ЗАКАЛОЧНЫЕ СРЕДЫ

Вода без введения добавок относится к резко закаливающим средам. Скорости охлаждения нагретых поверхностей в воде в зависимости от ее температуры приведены в табл. 6.4.

Таблица 6.4

СКОРОСТЬ ОХЛАЖДЕНИЯ (°С/с)

Интервал	Температура воды, °С			
	18	26	50	74
650—550°С	600	500	100	300
300—220°С	270	270	170	200

Водные растворы едкого натра ($NaOH$) являются еще более резко закаливающими средами по сравнению с чистой водой. Например, при использовании 30%-ного раствора едкого натра скорость охлаждения в интервале 650—550° С равна 1200° С/с, а в интервале 300—220° С — 300° С/с. Резкозакаливающими средами являются и менее концентрированные растворы, например 3—7%-ные растворы едкого натра.

Водные растворы солей также обеспечивают значительно более высокую скорость охлаждения по сравнению с водой. В 10%-ном растворе хлористого натрия скорость охлаждения в интервале 650—550° С равна 1100° С/с, а в интервале 300—200° С — 300° С/с. В 10%-ном растворе углекислого натрия скорость охлаждения в интервале 650—550° С равна 800° С/с, а в интервале 300—200° С — 270° С/с. Для душевого охлаждения при закалке после индукционного нагрева применяют 8—20%-ные водные растворы натриевого жидкого стекла (32—34% SiO_2, 12,5—13,5% Na_2O). Одновременно с закалкой обеспечивается временная защита поверхности закаленных деталей от коррозии.

Находят применение в качестве закаливающих водные растворы гексаметилентетрамина (уротропина) концентрацией от 5 до 60% вес. Эти составы обеспечивают требуемую твердость поверхности после закалки, при этом не дают вредных выделений в атмосферу, создают антикоррозионную защиту деталей, способны длительное время сохранять свои рабочие свойства благодаря устойчивому коллоидальному состоянию.

8.2. МАСЛЯНЫЕ ЗАКАЛОЧНЫЕ СРЕДЫ

Масла давно применяются в качестве закалочных сред, хотя при этом проявляются некоторые их недостатки — образование нагара, выделение дыма и паров, необратимое разложение и т. д.

Закалочная способность масел значительно ниже, чем воды и водных растворов.

Для закалки могут применяться минеральные масла многих марок. Некоторые из них приводятся в табл. 6.5 и 6.6.

Таблица 6.5

ВЯЗКИЕ МИНЕРАЛЬНЫЕ МАСЛА * ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ИЛИ СТУПЕНЧАТОЙ ЗАКАЛКЕ

Масло	$t_{всп}$, °С	$t_{раб}$, °С	Вязкость при 100°С, сСт	ГОСТ
Цилиндровое 52 (Вапор)	310	260	44—64	6411—52
Цилиндровое 38 . . .	300	250	32—44	6411—52
Легкое цилиндровое 24 (Вискозин) . . .	240	200	20—28	1840—51

* Эти масла применяются нагретыми до 200—250°С.

Таблица 6.6

МИНЕРАЛЬНЫЕ МАСЛА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ЗАКАЛКЕ

Масло	$t_{всп}$, °С	Вязкость при 50°С, сСт	ГОСТ
Соляровое	125	5—9	1667—68
Индустриальное:			8675—62
ИС-12	165	10—14	
ИС-20	180	17—83	
ИС-30	190	27—33	
ИС-50	210	42—58	
Цилиндровое 11 (2) . . .	215	9—13 (при 100°С)	1840—51

Закалочный состав для быстрого охлаждения. Минеральное масло (5—12 сСт при 60° С) — до 100; битум — 2—10; полиоксилалюминийацилат —

Таблица 6.7

СКОРОСТЬ ОХЛАЖДЕНИЯ ПРИ ЗАКАЛКЕ В МАСЛАХ

Масло	Скорость охлаждения, °С/с, в интервале	
	650—550°	300—220°С
Трансформаторное	120	25
Машинное	100	18—15
Сурепное	200	35

0,5—10. Более эффективные закалочные составы для быстрого охлаждения могут быть получены, если в качестве масляной основы взять фракцию фенольной очистки с вязкостью 14—19 сСт при 50° С или ее смесь с 75—85% остаточной фракции фенольной очистки с вязкостью 150—160 сСт при 50° С, а в качестве присадок — 0,2—1% ионола и 2—6% алкилсалицилата кальция (присадка АСК). Составы таких композиций (закалочные масла МЗМ-16 и МЗМ-20) следующие (% вес.):

	МЗМ-16	МЗМ-20
Масляная основа:		
фракция фенольной очистки	98,7	82,6
остаточный компонент фенольной очистки	—	15
Ионол	0,3	0,4
АСК	1,0	2,0
$t_{раб}$, °С	30—40	160—200

3.3. ЭМУЛЬСИОННЫЕ ЗАКАЛОЧНЫЕ СРЕДЫ

Эмульсионные составы, содержащие масло и воду, обладают умеренной закалочной способностью, обычно промежуточной между водой и маслом. Скорость охлаждения в эмульсиях типа «масло в воде» для типовых составов составляет 70° С/с в интервале 650—550° С и 200° С/с в интервале 300—200° С.

В мыльной воде, также относящейся к эмульсионным средам, скорость охлаждения в интервале 650—550° С равна 30° С/с, а в интервале 300—220° С — 200° С/с.

3.4. РАСПЛАВЫ СОЛЕЙ И МЕТАЛЛОВ — КАК ЗАКАЛОЧНЫЕ СРЕДЫ

Расплавы солей и металлов используются при закалке относительно редко из-за неудобств обращения с ними, но при решении частных технологических задач находят определенное применение. В связи с этим ниже приводится ряд составов. Работа с ними требует соблюдения соответствующих мер предосторожности, оговоренных в инструкциях.

Приводим несколько рецептов солевых закалочных составов.

Составы для охлаждения стальных изделий при изотермической или ступенчатой закалке (% вес.). 1. $NaNO_3$ — 100. $t_{пл}$=317° С; $t_{раб}$=325—600° С.

2. KNO_3—100. $t_{пл}$=337° С; $t_{раб}$=350—600° С.

3. $NaNO_2$ — 50; KNO_3 — 50; $t_{пл}$=137° С; $t_{раб}$=150—450° С.

4. KNO_3 — 35; $NaNO_3$ — 35; $Ba(NO_3)_2$ — 30. $t_{пл}$=160° С; $t_{раб}$=170—450° С.

5. KNO_3 — 45; $NaNO_3$ — 55. $t_{пл}$=218° С; $t_{раб}$=230—500° С.

6. KNO_3 — 53; $NaNO_3$ — 7; $NaNO_2$ — 40.

При изготовлении состава (6) 100 вес. ч. его расплавляют и осторожно вводят в расплав 4,5 вес. ч. воды после достижения температуры 150° С. Хорошо перемешивают и охлаждают до затвердевания. Для работы затвердевший состав расплавляют вторично. Следует помнить, что расплавленные нитраты и нитриты при перегреве и соприкосновении с органическими веществами взрывоопасны.

7. Закалка быстрорежущей стали. $BaCl_2$ — 95; MgF_2 — 5. $t_{раб}$ — 1300° С.

Четверные солевые составы для закалки:

	8	9
NaCl	15	20
KCl	25	33
$BaCl_2$	40	20
$CaCl_2$	20	27

Скорость охлаждения при 700° С в составе (8) — 4,5° С/с, в составе (9) — 5° С/с.

10. Карналлитовый закалочный состав. Карналлит обогащенный (ГОСТ 16109—70) — 100.

Расплавленный карналлит жидкотекуч и устойчиво сохраняется без разложения в интервале 440—700° С. При 160° С он плавится в своей кристаллизационной воде, затем затвердевает и при 440° С плавится вторично, образуя расплав желтого цвета.

11. Состав для светлой изотермической закалки углеродистой стали. NaOH или KOH — 100. $t_{раб}$=320—430° С. Температура нагрева закаливаемых деталей 790—820° С.

Таблица 6.8

РАСПЛАВЫ МЕТАЛЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ НАГРЕВА ПОД ЗАКАЛКУ И ОТПУСК, А ТАКЖЕ ДЛЯ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ И СТУПЕНЧАТОЙ ЗАКАЛКИ

Металл (сплав)	$t_{пл}$, °С	$t_{раб}$, °С
Свинец технический (Pb) (ГОСТ 3778—74)	327	335—930
Олово техническое (Sn) (ГОСТ 860—60)	232	240—1000
63% Sn+37% Pb	183	190—350
91% Sn+9% Zn	200	205—400
32,5% Sn+67,5 Pb	225	245—400
15% Sn+85% Pb	280	300—500

4. ТЕПЛОХИМИЧЕСКИЕ СОСТАВЫ

Теплохимическими условно названы вещества или смеси веществ, способные в определенных условиях медленно выделять тепло в результате протекания химических

реакций. Их можно подразделить на вещества (составы), химически греющие и каталитически греющие.

Простейшим представителем первой группы может служить негашеная известь (окись кальция), выделяющая тепло в результате реакции гидратации [$CaO + H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2$], протекающей при соприкосновении с водой. Более совершенными являются различные смеси металлических порошков с коррозионно-активными веществами или окислителями, выделяющие тепло в результате реакций окисления.

Ниже приведено несколько составов подобного типа.

Выделение тепла при использовании каталитических процессов (вторая группа греющих составов) происходит при окислении (беспламенном горении) различных органических веществ (в основном углеводородных жидкостей и газов) на пористых катализаторах.

Теплохимические составы находят разнообразное практическое применение.

Греющие составы на основе порошков (опилок) железа (ПЖ % вес.). 1. ПЖ — 84; кварцевый песок — 2; уголь — 4; калий марганцовокислый — 10.

2. ПЖ — 92; сернистое железо — 3; железный купорос — 5.

3. ПЖ — 92; сернистая медь — 3; железный купорос — 5.

4. ПЖ — 87; медный купорос — 1; хлористый калий — 12.

5. ПЖ — 94; сернокислый магний — 4,4; хлористый натрий — 0,4; хлористый аммоний — 0,2.

6. ПЖ — 90; хлористый натрий — 1; хлористый аммоний — 5; железные огарки — 4.

7. Состав на алюминиевом порошке. Пыль алюминиевая — 12; медь хлористая — 88.

Составы (1)—(7) после увлажнения их водой длительно выделяют тепло.

Некоторые индексы МКИ, которыми сведения гл. VI классифицируются в патентной литературе:

Подкласс C21 d	Общие устройства для термической обработки черных и цветных металлов и сплавов
Группа 1/00	Общие способы и устройства для термообработки, например отжига, закалки, отпуска
1/46	нагрев в соляных ваннах
1/56	закалка специальными охлаждающими средствами
1/74	способы обработки в порошке, контролируемой атмосфере, защитном газе
9/00	Термообработка (отжиг, закалка, отпуск и т. п.) специальных изделий

Некоторые индексы УДК, которыми сведения гл. VI классифицируются в печатных изданиях:

621.78	Термическая обработка металлов. Нагрев
621.783.06	Защитные, нагревающие и охлаждающие среды
621.783.061	Защитные печные атмосферы
621.783.066	Расплавленные металлы. Соли. Твердые вещества
621.783.066.6	Соляные ванны
621.784	Закалочные ванны. Отпускные ванны
621.785	Процессы термической обработки

ГЛАВА VII

СОСТАВЫ ДЛЯ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОДИФФУЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ

Химико-термической обработкой называется процесс, приводящий к образованию диффузионно насыщенного каким-либо элементом слоя на поверхности металла, проводящийся при повышенных температурах и при условии непосредственного контакта поверхности с насыщающей средой.

Насыщающая среда может быть твердой, жидкой или газообразной.

Состав, строение, глубина, физико-механические и физико-химические свойства и другие параметры образующегося диффузионного слоя определяются составом и свойствами насыщающей среды и насыщаемого (обрабатываемого) материала, температурой нагрева, длительностью контакта со средой и другими факторами.

Химико-термическая обработка получает все более широкое распространение в промышленности как метод, позволяющий сравнительно несложными технологическими приемами придавать поверхности металлических деталей и изделий разнообразные свойства. С ее помощью поверхность черных (железа, стали, чугуна) и некоторых других металлов можно насытить повышенным содержанием различных неметаллических (углерод, азот, сера), металлических и переходных (хром, кремний, титан и т. д.) элементов.

1. СОСТАВЫ ДЛЯ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОГО НАСЫЩЕНИЯ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Процесс производится как отдельными элементами (C, N, S), так и их сочетаниями (C + N; C + N + S).

1.1. ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ЦЕМЕНТАЦИЯ

Этот процесс заключается в диффузионном насыщении поверхности стали углеродом (науглероживание) с целью повысить твердость и износостойкость поверхности. Проводится цементация в твердых (порошки, пасты), жидких (расплавы солей) и газообразных средах. Основные назначения составов приведены в табл. 7.1.

Цементация в твердых сплавах. Составы некоторых порошкообразных смесей для цементации — твердых карбюризаторов промышленного выпуска — приведены в ГОСТ 2407—73 и ГОСТ 5535—50.

Таблица 7.1

НАЗНАЧЕНИЯ СОСТАВОВ ДЛЯ ЦЕМЕНТАЦИИ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Основное назначение	№ состава
Цементация газовая:	23
двухступенчатая	25
на пиролизном газе	21, 22
на природном газе	20
на смеси газов	19, 24
Цементация жидкостная	6—18
Цементация пастами:	
стали	3, 5
титана	4
Ускоренная цементация в порошке	1
Электроцементация в порошке	2

Для интенсификации процесса и повышения глубины цементации предложен ряд составов, приведенных ниже (% вес.).

1. Na_2CO_3 — 25—30; $CaCO_3$ — 3—5; железо наводороженное — 5—25; уголь древесный — до 100%.

На армко-железе за 5 ч при 950° С в этом составе получают цементированный слой глубиной 2,3 мм (на обычном карбюризаторе — 1,02 мм).

Ускорение цементации достигается также наложением электрического тока (процесс электроцементации).

2. Уголь древесный — 80; углекислый барий — 20. При пропускании постоянного тока 18—22 А/мм^2 скорость цементации низкоуглеродистой стали возрастает в 1,8—2,5 раза.

Высокоэффективны процессы цементации с применением паст-обмазок при скоростном нагреве ТВЧ.

3. Приготовляется из порошка древесного угля, замешанного на гидролизованном этилсиликате.

За 60 с на установке ЛГПЗ-60 при 1200° С получен на Ст. 5 слой глубиной 0,46 мм с заэвтектоидной зоной 0,37 мм HRC=62—64.

4. Состоит из серебристого графита, замешанного на гидролизованном этилсиликате. После прерывистого нагрева в атмосфере гелия или аргона на установке ГЗ-46 при 850—1100° С за 25 мин получен диффу-

зионный слой 0,25 мм с твердостью $HV_{50}=$ $=1780$,

5. Уголь древесный 60—80; $BaCO_3$—15—20, смесь $Si+SiO_2$ (1 : 1)—5—20. (Интенсификация процесса и получение графитизированного слоя при отжиге).

Цементация в жидких средах. Жидкостная цементация стали проводится в расплавах, не содержащих цианистых солей, чтобы свести к минимуму насыщение азотом, или в цианистых солях с добавками хлоридов, препятствующих переходу азота в металл.

Составы соляных ванн для жидкостной цементации (% вес.):

	6	7	8	9
SiC	5	8	10	9—10
NH_4Cl	—	—	—	6—9
Na_2CO_3	85	75	90	70—76
NaCl	10	17	—	9—12
$t_{раб}$, °C	870—900	840—860	900—920	860—900

	10	11	12	13
$BaCl_2$	60	—	—	30
NaCl	30	—	65	30
NaCN	10	35	25	20
Na_2CO_3	—	65	10	20
$t_{раб}$, °C	900—920	880—900	830	750—950

	14	15	16	17
$BaCl_2$	45	9,5	—	50
KCl	10	10	25	10
NaCl	18,5	34	—	10
NaCN	25	45	41	10
NaF	—	—	7,5	—
Na_2CO_3	—	—	25	20
SiC	0,5	0,5	0,5	—
Графит	1	1	1	—
$t_{раб}$, °C		840—925		

18. $BaCl_2$ — 60; NaCl — 30; NaCN — 10 $t_{раб}=900—920°$ С.

Цементация в газовых средах. Типовые составы.

19. Смесь эндогаза и городского газа (% об.): CO — 16—20; $(CH_4+C_2H_6)$ — 12—16; H_2 — 30—40; N — 20—30. $t_{раб}=950°$ С; длительность процесса 6—12 ч; слой 0,6—1,4 мм на стали 25ХГТ (безмуфельная печь).

20. Природный газ, сжиженные пропанбутановые смеси, подвергнутые специальной обработке.

При проведении процессов в печи с вращающимися ретортами: $t_{раб}=910°$ С; длительность процесса — 2—3,5 ч; глубина слоя — 0,8—1,15 мм; в шахтной печи: $t_{раб}=930°$ С; длительность процесса — 8—9 ч; глубина слоя — 1,0—2,0 мм.

21. Керосин. Пиролиз при 700—800° С без доступа воздуха. При изменении температуры состав газа изменяется в следующих пределах (% об.): H_2 — 25—80; CH_4 — 10—50; C_nH_m — 5—25; остальное (CO, CO_2, N_2, O_2) — до 3% об. каждого.

22. Керосин подвергают пиролизу при 740—760° С, затем часть пиролизного газа очищается и подвергается крекированию с водяным паром при 900—940° С. Состав получаемого газа (% об.): H_2 — 60—70; CH_4 — 15—6; $C_nH_m<1,5$; CO — 16—26; остальное — CO_2, O_2, N_2 — до 8 суммарно.

23. Углеводородные газы — природный, нефтяной, сжиженные, светильный, коксовый и др. — крекирование при 900—1000° С, в смеси с воздухом ($\alpha<0,25$). Состав газов (% об.): H_2 — 30—40; CH_4 — 2—4; CO — 18—22; остальное — до 100% — N_2. При употреблении смешивают с 1—5% исходного газа.

24. Точность и чувствительность регулирования заданной концентрации углерода в цементируемом слое достигается тем, что в качестве жидких карбюризаторов в печь для цементации вводят попеременно две жидкости: эфироальдегидную фракцию и смесь синтина с этилацетатом — в зависимости от точки росы отработанного газа, причем первую жидкость подают при уменьшении содержания H_2O, а вторую — при увеличении компонентов в смеси синтина и этилацетата.

При осуществлении способа газовой цементации в печи Ц-25 можно использовать состав (% об.): эфироальдегидная фракция — 100 и смесь этилацетата — 50 и синтина — 50. Подача автоматическая, попеременно в объемном соотношении 1 : 1. $t_{раб}=930\pm10°$ С: точка росы выходящей атмосферы $+2°$ С. Время выдержки — 4 ч.

Способ обеспечивает точность получения содержания углерода в поверхностном слое $\pm0,06$%.

25. Для двухступенчатой газовой цементации на первой стадии в муфель подают цементирующий газ и удаляют отходящий газ; на второй стадии проток газа прекращают и устанавливают в муфеле давление 10—50 мм вод. ст. Этим предотвращают образование сажи.

Цементация стали 12ХН3А при 930° С в течение 8 ч в печи типа Ц-35 дает слой 1,25 мм. Первые 2 ч подача газа протоком 800 л/ч; последующие 6 ч проток прекращен, давление в муфеле 50 мм вод. ст.

1.2. ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЕ АЗОТИРОВАНИЕ

Один из наиболее распространенных методов химико-термической обработки, заключающийся в диффузионном насыщении стали азотом. Повышает твердость поверхности, сопротивление заеданию, износостойкость, сопротивление коррозионно-усталостным разрушениям, коррозионную стойкость, в том числе в воде и промышленной атмосфере. Проводится в жидких (растворы, расплавы) и газообразных средах. Основные назначения приведены в табл. 7.2.

Таблица 7.2

НАЗНАЧЕНИЯ СОСТАВОВ ДЛЯ АЗОТИРОВАНИЯ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Азотирование	№ состава
В водных растворах	7, 8
В газовой среде	1, 2, 3, 4
В расплавах солей	5, 6

Азотирование в газовой среде. 1. Аммиак — 25; «азотный газ» — 75. (Состав «азотного газа» — 95% N_2+5% H_2). Процесс — двухступенчатый (сталь 25Х5МА): 1-я ступень: 530° С — 30 ч; 2-я ступень: 560° С — 12 ч. На 1-й ступени добавляется небольшое количество четыреххлористого углерода. Глубина слоя — 0,35—0,4 мм. Микротвердость — 1000—1100 кгс/мм².

2. Среда — частично диссоциированный аммиак. $t_{раб}$=500—580° С. Длительность, в зависимости от типа стали и требуемой глубины слоя — 20—100 ч.

3. Проводится в среде диссоциированного аммиака с предварительным нанесением на поверхность пленки азотсодержащих соединений, например нитрита натрия.

Детали предварительно обрабатывают гидрополированием смесью карбида бора и нитрита натрия, затем смачивают 10%-ным раствором нитрита натрия, не промывая сушат и вносят в печь для азотирования в атмосфере аммиака, $t_{раб}$=520° С, выдержка — 5 ч, степень диссоциации аммиака — 25—30%; глубина слоя — 0,19—0,2 мм; HB=600—613.

4. Проводится с введением добавки — четыреххлористого углерода. 1-я ступень: 505±5° С; степень диссоциации аммиака ~45%, выдержка — 3 ч. За этот период вводится с аммиаком 120 мл четыреххлористого углерода. 2-я ступень: 535±5° С; диссоциация аммиака — 65%; выдержка — 40 ч.

Азотирование в расплавах и растворах:

5. $BaCl_2$ — 31; $CaCl_2$ — 48; NaCl — 21. NH_3 (газ) подается в расплав из баллона. $t_{раб}$ для стали 35ХМЮА — 525—600°С. Защита от коррозии — катодная, наложением тока. Твердость HV возрастает с 224 до 710.

6. $NaNO_3$ — 45—50; $NaNO_2$ — 5—8; силикокальций (Ка-Си-1) — 35—40; NH_4Cl — 7—10. (Интенсификация процесса).

7. Среда — 28%-ный раствор аммиака. Деталь нагревается ТВЧ до 1000° С. Выдержка — 2—5 мин. После выключения нагрева закалочное охлаждение в этом же растворе. Глубина слоя — 0,4—0,6 мм.

8 10—15%-ные растворы хлористого аммония, нитрофенола ($C_6H_5O_2N$), ацетамида (CH_3CONH_2), анилина ($C_6H_5NH_2$) и др.

1.3. ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ НИТРОЦЕМЕНТАЦИЯ (ЦИАНИРОВАНИЕ)

Процесс проводится с целью диффузионного насыщения поверхности стали углеродом и азотом одновременно. Проводится в газовой среде. (При проведении в твердых или жидких средах называется цианированием.)

Газовая нитроцементация. Низкотемпературная нитроцементация проводится в интервале температур 540—600° С.

1. Продукты пиролиза (при 900° С) триэтаноламина. За 6—10 ч на среднеуглеродистой низколегированной стали при 600° получают слой с δ=0,15—0,40 мм.

2. Пиробензол — 2,5—3,0 см³/мин, аммиак (газ) — 4 л/ч или триэтаноламин — 3—3,5 см³/мин. Сталь нагревают в этой среде до 650° С и выдерживают 4 ч, постепенно изменяя соотношение компонентов состава на следующее: пиробензол — 4—5 см³/мин; аммиак (газ) — 12 л/ч или триэтаноламин — 4—6 см³/мин.

Пиробензол можно заменить природным газом в смеси с аммиаком (70%+30%).

Среднетемпературная нитроцементация (% об.).

3. Углеродсодержащий газ — 90—98; аммиак — 2—10.

4. Продукты распада триэтаноламина ($C_2H_5O_3$). На сталях марок 10 и 20 при 840° С τ=3 ч, слой — 0,35 мм.

5. Смесь паров керосина или других жидких карбюризаторов и аммиака. На сталях марок 10 и 20 при 840° С τ=3 ч, слой — 0,35 мм.

Высокотемпературная нитроцементация (900—950° С):

	6	7
Эндогаз	80—90	75
Природный газ	5—8	15
Аммиак	2—3	до 10

При составе (6) глубина слоя — более 0,5 мм; (7) — 0,25—0,3 мм.

1.4. ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЕ ЦИАНИРОВАНИЕ (НИТРОЦЕМЕНТАЦИЯ)

Проводится в твердых, жидких или комбинированных средах.

Наиболее широкое применение получило цианирование в расплавах. Приводим рецепты некоторых составов для этой цели (% вес.).

Низкотемпературное цианирование в расплавах:

	8	9	10
KCN	25	40	50
NaCN	75	60	50

	11	12	13	14
$K_4Fe(CN_6)$	90	30	—	—
$NaCN$	—	—	60	95
Na_2CO_3	—	—	25	5
$NaOH$	10	70	15	—

	15	16	17
K_2CO_3	—	15	—
KCl	20	15	—
Na_2CO_3	35	20	32
$NaCl$	—	15	18
$NaCN$	45	35	50

Среднетемпературное цианирование в расплавах. 18. KCN — 25; $NaCl$ — 15; Na_2CO_3 — 60.

	19	20	21	22
$BaCl_2$	5	50	—	—
$NaCl$	—	—	15	25—40
$NaCN$	80	50	45	20—25
Na_2CO_3	15	—	40	25—40

	23	24	25	26
$BaCl_2$	10	2	45	10
$BaCO_3$	—	50	—	—
KCl	15	—	10	15
$NaCl$	30	40	15	30
$NaCN$	45	8	15	45
Na_2CO_3	—	—	15	—

Высокотемпературное цианирование в расплавах:

	27	28	29	30
$BaCl_2$	80	86	60	35
KCl	—	—	20	—
$NaCl$	10	10	12	15
$NaCN$	10	4	8	50

31. $Ca(CN)_2$ — 19; $NaCl$ — 69; $NaCN$ — 12.
32. $NaCl$ — 15; $NaCN$ — 60; Na_2CO_3 — 25.
33. $NaCN$ — 95; Na_2CO_3 — 5.

Существует много других рецептурных вариантов расплавов для цианирования. Среди них представляют интерес карбамидные.

34. Цианат натрия — 25—38; кальцинированная сода — 25—35; хлористый калий — 28—40. Наплавляют необходимое количество цианата натрия путем сплавления соды и мочевины в соотношении 1 : 1,3—1 : 1,5, при 550—570° С в течение 1—1,5 ч. Для приготовления рабочей ванны на дно тигля помещают небольшое количество цианата натрия, а сверху насыпают смесь из цианата натрия, кальцинированной соды и хлористого калия в указанном выше соотношении.

Состав позволяет вести процесс при 550±10° С, т. е. в режиме «мягкого» азотирования, что улучшает условия труда.

35. Карбамид (мочевина) — 55—54; сода кальцинированная — 45—46.

36. Карбамид (мочевина) — 48; калий углекислый (поташ) — 52; $t_{раб}$ = 570—580° С.

Цианирование с продувкой аммиаком. 37. Цианиды ($NaCN$, KCN) — 30—35; цианаты ($NaCNO$, $KCNO$) — 15—20; инертные соли — до 100%. При 525—565° С через расплав продувают газообразный аммиак при 1—2 кгс/см².

38. KCN — 50—75 (73); $KCNO$ — 25—50 (15); Na_2CO_3—5—15 (12). В скобках указано оптимальное содержание. Через расплав продувают аммиак. $t_{раб}$ = 550—600° С; τ=0,5—4 ч.

39. $NaCN$ — 38—42; $KCNO$ — 43—47; K_2CO_3 — 10—14; Na_2CO_3—2—6; цианамид щелочного или щелочноземельного металла — 1; желтая кровяная соль $K_4Fe(CN)_6$ — 0,2; сера (в виде Na_2S) — 0,01.

Состав для корректировки ванны: [60 $NaCN$+40 $KCNO$] — 85; заправочная соль — 15.

При обработке стальных деталей для корректировки ванны применяют состав: $NaCN$ — 70; KCN — 25; $KCNO$ — 5.

При обработке чугуна: $NaCN$ — 30; $KCNO$ — 45, $t_{раб}$=570° С; τ=1—3 ч.

40. На поверхность, подлежащую цианированию, наносят титан из водного щелочного электролита, содержащего 35 г $TiCl_2$ на 300 см³ водного раствора формальдегида с добавкой 10 г пирогалловой кислоты, после чего доводят pH до 8—12 добавками NH_4OH или $NaOH$. После осаждения титана детали прогревают в масляной ванне при 150—200° С 30—60 мин для диффузии титана в железо.

Затем следует цианирование в цианистых расплавах при 600—640° С; τ=2—3 ч. Толщина слоя 0,2—1 мм (глубина диффузии азота 2,5—3 мм). Твердость HV=1200—1600.

Цианирование в порошках и пастах. 41. Кипящий слой создают пропусканием аммиака через уголь, содержащий в качестве катализатора окись алюминия при следующем соотношении (% об.): уголь — 20—30; окись алюминия — 70—80.

Способ заключается в следующем. Детали, подготовленные для цианирования, загружают в слой угля и окиси алюминия.

Таблица 7.3

НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВОВ ДЛЯ НИТРОЦЕМЕНТАЦИИ (ЦИАНИРОВАНИЯ)

Основное назначение	№ состава
Нитроцементация газовая:	
низкотемпературная	1, 2
среднетемпературная	3, 4, 5
высокотемпературная	6, 7
Цианирование в расплавах:	
низкотемпературное	8, 9, 10, 11—17
среднетемпературное	18—26
высокотемпературное	27—40
Цианирование в порошках:	
во взвешенном слое	41
с нагревом ТВЧ	42
Цианирование в пастах:	
с нагревом ТВЧ	43, 44
сплавов титана	46
совмещение с термомехобработкой	45
Цианирование в карбамидных составах	35, 36
Цианирование с продувкой аммиаком:	37, 38
по Тенифер-процессу (мягкое азотирование)	39
интенсифицированное титанирование стали	40

Грануляция их должна быть не более 0,316 мм. Процесс ведут при температуре 580—700° С. Смесь во взвешенное состояние приводят пропусканием аммиака, что создает в рабочей камере избыток активных атомов азота. Присутствие катализатора (окиси алюминия) способствует полной диссоциации аммиака и сокращает время цианирования для получения требуемой глубины слоя. При обработке стали Р18, $t_{раб}$=550° С, за 1,5 ч получен слой HV=1145.

42. Древесный уголь — 40; костяная мука — 40; отработанный твердый карбюризатор — 20.

За 2—5 мин при частоте 8 кГц и мощности 10—20 кВт глубина слоя — 0,2—0,3 мм; содержание углерода — 0,9—1,0%.

43. Желтая кровяная соль — 60; древесный уголь — 30; углекислый барий — 10. Толщина слоя — 1,5 мм. При нагреве 17—26 с, $t_{раб}$=1150° С и выдержке 5 с глубина диффузии 0,07—0,08 мм; при выдержке 35 с — 0,13 мм; при $t_{раб}$=1200° С за 30—35 с — 0,3 мм.

44. Желтая кровяная соль — 60; уголь — 15; углекислый барий — 5; бентонит — 1; каолин — 49; маршалит — 15. Сухая смесь замешивается на гидролизованном этилсиликате (ρ = 0,93 г/см³). При $t_{раб}$=1170—1180° С за 38—40 с получена глубина нитроцементированного слоя 0,3 мм на стали марок 20Х, 25, 45 и армко-железе.

45. Декстрин (5%-ный водный раствор) —75—85; калий железосинеродистый—1—3; сода кальцинированная—4—8; сажа—10—14. Изделие погружают в жидкий состав, затем нагревают в печи до 900—950° С с соответствующей выдержкой, после чего прокатывают со степенью обжатия 20%, подвергают закалке и отпуску.

46. Древесный уголь — 55—90; $K_4Fe(CN)_6$ — 5—45; SiCa — 3—5 (пластичные, неокисленные нитроцементированные слои на титане).

1.5. ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЕ СУЛЬФИДИРОВАНИЕ

Процесс заключается в диффузионном насыщении поверхности стали серой. Повышает износостойкость, придает антифрикционные свойства. Проводится в жидких средах (растворах или расплавах).

Сульфидирование, ограничивающееся только насыщением поверхности серой, практически проводится крайне редко, и эффект его сказывается в кратковременном улучшении способности трущихся пар прирабатываться.

Почти все операции, называемые сульфидированием (и, соответственно, составы для них), являются операциями сульфоцианирования, так как в них всегда участвуют, кроме серы, углерод и азот.

Составы для сульфидирования стальных деталей (% вес.). 1. Натрий углекислый — 11; нигрол — 67; сера — 22. Деталь погружают в состав на 2—5 мин при 20—30° С, затем повышают температуру до 170—200° С и выдерживают 1—3 ч.

	2	3
Минеральное масло	60—70	90—95
Сера (порошок)	20—25	4—8
Сода кальцинированная	10—15	1—2

Длительность процесса 1—3 ч; $t_{раб}$=150—250° С.

Состав (3) дает меньший нагар и менее склонен к разбрызгиванию по сравнению с составом (2). Толщина получаемого сульфидного слоя — 1—2 мкм.

1.6. ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЕ СУЛЬФОЦИАНИРОВАНИЕ

Процесс заключается в диффузионном насыщении поверхности стали серой, азотом и углеродом одновременно. Повышает износостойкость, улучшает адсорбцию масла, предотвращает схватывание и задиры, улучшает приработку трущихся поверхностей. Проводится в жидких средах (расплавах солей), твердых смесях (порошках и пастах), газовых средах.

Соответственно температуре расплава различают низко-, средне- и высокотемпературное сульфоцианирование.

Сульфоцианирование в расплавах (% вес.):

	1	2	3
Калий хлористый	25	20	—
Натрий сернокислый	25	25	—
Натрия тиосульфат	—	5	4—5
Натрий цианистый	50	50	95—96
$t_{раб}$, °С	540—570	540—570	540—570

	4	5
Калий роданистый	85	25
Натрия тиосульфат	15	75
$t_{раб}$, °С	160—450	220—450

6. Калий роданистый — 20; натрий сернистый — 20; натрия тиосульфат — 60. $t_{раб}$=400° С.

7. Калий роданистый — 90; квасцы алюмокалиевые — 10. $t_{раб}$=170—200° С.

8. Калий железистосинеродистый — 20; калий роданистый — 40; натрий сернистокислый — 40. $t_{раб}$=540—560° С.

9. Калий железистосинеродистый — 75; натр едкий — 13; натрия тиосульфат — 12. $t_{раб}$=540—570° С.

	10	11
Натрий сернистокислый	5	5
Натрий углекислый	—	55
Натрий цианистый	95	40
$t_{раб}$, °С	560—570	550—600

12. Калий хлористый — 50; натрий сернистый — 40; натрий цианистый—10. $t_{раб}$=550—580° С.

13. Калий железисгосинеродистый — 10; калий роданистый — 10; калий хлористый — 25; натрий сернистый — 40; цинк сернокислый — 15. $t_{раб}$=550° С.

14. Калий железистосинеродистый — 35; натрий сернокислый — 50; натрия тиосульфат — 2.

15. Калий хлористый — 27; калий углекислый — 16; натрий сернистый — 7; натрий углекислый — 16; натрий цианистый — 34. $t_{раб}$ =560° С.

16. Аммоний хлористый — 5,9—6,1; карбид кремния—7,8—8,2; натрия тиосульфат—25,5—26,5; натрий хлористый — 4,9—5,1; натрий-калий углекислый — до 100%. (Повышенные антифрикционные свойства).

17. Метабисульфат калия — 59—61; ферроцианид калия — 39—41. (Повышенная безопасность, невысокая стоимость).

18. Калий углекислый — 30—40; карбамид — 50—60; натрий углекислый — 5—15; сера — 1—5.

Составы, содержащие цианистые соли, ядовиты и неудобны в обращении. К менее токсичным составам относятся, в частности, карбамидные.

Сульфоцианирование в карбамидных ваннах (% вес.). 19. Карбамид (мочевина) — 55; углекислый калий — 45. После сплавления при 350—380° С в составе образуется до 98% KCNO. Повышают температуру до 500° С и вводят сернистый натрий (Na_2S) из расчета 0,2—2% серы в расплаве при (не менее) 30% KCNO. $t_{раб}$=560—580° С; длительность процесса — 1—2 ч. (Применим для чугуна, углеродистой стали, быстрорежущей стали).

Бесцианистые составы сульфоцианирующих расплавов. 20. Карбамид (мочевина) — 36; калий углекислый — 24; калий железистосинеродистый — 30; тиосульфат натрия — 10. (Рекомендуется для мелкосерийного производства.)

21. Калий железистосинеродистый — 86; едкий натр — 9; пирит (серный колчедан) — 5. (Для обработки быстрорежущей стали).

Составы (20) и (21) — бесцианистые.

Карбамидные составы для низкотемпературного сульфоцианирования. 22. Тиокарбамид (тиомочевина) — 100%. $t_{раб}$= =90—180° С.

23. Тиокарбамид (тиомочевина) — 50; карбамид (мочевина) — 50. $t_{раб}$=140—185° С.

24. Расплав для высокотемпературного сульфоцианирования (% вес.). Калий железистосинеродистый — 50—90; едкий натр — 9—44; сера (элементарная) — 1—6. Наличие серы вместо ее соединений стабилизирует состав, сокращая необходимость частых корректировок.

Таблица 7.4

ТОЛЩИНЫ СЛОЕВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫДЕРЖКИ

Выдержка, ч	Глубина слоя (мкм)	
	насыщенного серой	цианированного
2	3—5	4—7
3	6—8	7—10
4	8—10	10—13

Расплавы для низкотемпературного сульфоцианирования чугуна ($t_{раб}$=180—200° С) (% вес.):

	25	26	27
Аммоний роданистый	20	35—40	35
Калий роданистый	80	65—60	65

(25) — для серого чугуна; (26) — для высокопрочного чугуна, (27) — для поршневых колец.

28. Расплав для низкотемпературного сульфоцианирования стали ХВГ. Аммоний роданистый — 7—12; калий роданистый — 93—88. $t_{раб}$= =160—170° С.

29. Бесцианистый состав для сульфоцианирования. K_2CO_3 — 54,5—55,5; NH_4Cl — 9,8—10,2; активированный уголь — 4,9—5,1; $Na_2S_2O_3$ — 29,7. (Сниженная себестоимость и повышенная производительность).

2. СОСТАВЫ ДЛЯ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОГО (ТЕРМОДИФФУЗИОННОГО) ЛЕГИРОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

К этому виду легирования относится диффузионное насыщение поверхности стали хромом, алюминием, кремнием, титаном, бором, цинком и другими металлическими элементами либо их сочетаниями.

2.1. ХРОМИРОВАНИЕ

Насыщение поверхностного слоя стали хромом (Cr) повышает коррозионную устойчивость, твердость. Процесс проводят в твердых (порошок хрома или феррохром, глинозем или каолин, хлористый аммоний, пасты, гальванопокрытия), газообразных (хлорид хрома с хлористым водородом или водородом) и жидких (расплав солей щелочных и щелочноземельных металлов с хлоридом хрома) средах. Хромирование в твердой среде (порошок хрома Х1 или Х2) дает больший эффект при разрежении около 10^{-3} мм рт. ст. Наиболее эффективно термодиффузионное хромирование в пастах с нагревом ТВЧ, а также гальванически нанесенных слоев с нагревом ТВЧ.

Диффузионное хромирование из гальванического слоя при нагреве ТВЧ. После шлифования и обезжиривания на поверхность углеродистой стали наносится слой хрома 40—60 мкм из электролита состава: хромовый ангидрид — 250; серная кислота — 2,5. $D_к$=20—40 А/дм². Затем нагрев ТВЧ. $t_{раб}$=1100° С; выдержка — 2 мин, глубина диффузионного слоя — 0,01 мм, твердость HV=975—1300 кгс/мм².

Диффузионное хромирование пастой с нагревом ТВЧ. Хром

или феррохром (порошок) — 75; криолит — 25. Замешивают на гидролизованном этилсиликате. Режим работы при нагреве ТВЧ: сушка — 5 с при 100° С; флюсование — 10 с при 1100—1200° С; выдержка для диффузии — 60 с при 1100° С; на малоуглеродистой стали за 2 мин получают слой 0,1 мм. Получение слоя такой же толщины при термохромировании в порошке требует 8—10 ч.

Диффузионное хромирование из порошка: аммоний хлористый — 1; окись алюминия — 34; хром металлический — 65.

Для сталей 4Х4В2МФС и 4Х5В4МФС t=1030—1050° С, τ=4 ч, охлаждение сжатым воздухом, отпуск 4 ч при 600—610° С.

2.2. АЛИТИРОВАНИЕ

Алитирование — процесс диффузионного насыщения поверхности стали алюминием. Обеспечивает повышение жаростойкости, коррозионной стойкости в газовых средах при повышенных температурах в водяном паре. Проводится в твердых средах (порошки, металлические слои) и в металлических расплавах. Типовые составы порошков содержат 30—90% вес. Al.

1. Алитирование в порошке (% вес.). Алюминий или ферроалюминий — 30—90; окись алюминия — 8—68; аммоний хлористый — 1—2. $t_{раб}$=950—1050° С.

2. Алитирование медных изделий (% вес.) в порошке. Алюминий (порошок) — 1—5; алюминий фтористый — 1—10; барий хлористый — 31—54; калий хлористый—22—26; натрий хлористый — 18—32.

3. Алитирование электротехнических сталей в порошке (% вес.): алюминий — 10; аммоний йодистый — 2; окись алюминия — 88. Процесс ведут при $t_{раб}$=700° С в течение 20 мин. Затем оксидирование на воздухе 30 мин при 700° С. (Повышение жаростойкости при сохранении магнитных характеристик — в диффузионном слое 14—17,5% вес. Al).

Алитирование различных углеродистых сталей

	4	5
Алюминий фтористый	3—5	5
Кальцийалюминиевая лигатура	17—15	15—20
Окись алюминия	70—80	75—80

В составе (5) при 1000° С за 4 ч на низкоуглеродистых сталях получают слой 350 мкм, на высокоуглеродистых — 280 мкм. Содержание Al в слое — 57—58%.

Таблица 7.5

НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВОВ ДЛЯ АЛИТИРОВАНИЯ

Алитирование	№ состава
Углеродистых сталей в порошке	1
Электротехнических сталей в порошке	3, 4, 5
Медных деталей в расплаве	2

2.3. СИЛИЦИРОВАНИЕ

Диффузионное насыщение поверхности стали кремнием повышает коррозионную стойкость в агрессивных средах. Проводится в твердых, газообразных и жидких (расплавы) средах, а также в вакууме.

1. Окись кремния — 17—38; карбид кремния — 16—24; эвтектическая смесь фтористых солей калия и натрия — 38—67.

2. Кремний — 19,5—20,3; окислы железа — 61,0—61,7; хлористый аммоний — 3,8—4,2; окись алюминия — до 100%.

Окись алюминия является инертной добавкой.

Силицированный слой не имеет пористости.

3. 15%-ный ферросилиций (порошок) — 76; гидролизованный этилсиликат — 24. При 1200° С (ТВЧ) на Ст. 5 глубина слоя после выдержки 30 с — 0,125 мм, 60 с — 0,15 мм, 90 с — 0,17 мм (то же при нагреве в печи с выдержкой 10—12 ч).

4. $LiCl$ — 32—36; $NaCl$ — 2—3; KCl — 41—46; кремнийсодержащее вещество — 15—25. $t_{раб}$=550—700° С.

5. Li_2CO_3 — 11—17; Na_2CO_3 — 28—30; K_2CO_3 — 36—38; кремнийсодержащее вещество — 15—25.

6. SiO_2 — 2—7; хлорид (Ca или Sr или Ba) — до 100%.

Таблица 7.6

НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВОВ ДЛЯ СИЛИЦИРОВАНИЯ

Назначение	№ состава
Силицирование стали:	
в расплаве	1
в порошке	2, 4, 5
в пасте с нагревом ТВЧ	3
Силицирование титана	6

2.4. ТИТАНИРОВАНИЕ

Диффузионное насыщение стали титаном повышает стойкость против коррозии в агрессивных средах и эрозионную стойкость. Проводится в твердых (порошки, пасты), жидких (расплавы) и газообразных средах.

1. Ферротитан (обработан HCl)—81; плавиковый шпат — 15; натрий фтористый — 4. При 1100—1500° С за 4—6 ч на стали марки 35 получают слой 1,5 мм H_{μ}=2660 кгс/мм².

2. Титан (порошок) — 75; окись алюминия — 24; аммоний хлористый — 1. При 1050° С за 1 ч получают слой 0,28—0,30 мм.

3. Тетрабромид титана ($TiBr_4$), испаряющийся при 50—100° С. Титанируемая деталь нагревается в токе водорода, пропускаемого над тетрабромидом титана. При 1100—1400° С — слой 0,1—0,3 мм.

4. Тетрайодид титана (TiI_4), испаряющийся при 160—250° С. Титанируемая деталь нагревается в токе водорода, пропускаемого над тетрайодидом титана. При 1200—1400° С — слой 0,1—0,3 мм.

5. Натрий хлористый — 80—90; титановый сплав (с 10% O_2) — 10—20. При 950—1100° С за 2—6 ч — слой 0,05—0,1 мм. Микротвердость H_μ=720—1500 кгс/мм². Над зеркалом ванны — аргон.

6. Калий йодистый — 76; калий фтористый — 24. Титан служит анодом. Нагрев ТВЧ — 900—925° С. Плотность тока 0,4—0,7 А/см². При температуре ванны 725° С за 15 мин — слой 0,03 мм.

7. Титанофторид калия — 16; натрий хлористый — 84. Анод — графит. Защитная среда — аргон. Плотность тока — 95 А/дм²; напряжение — 3—5 В. При 850—900° С получается слой 0,020—0,075 мм.

8. Ферротитан — 81; этилсиликат — 19. При 1200° С за 60 с — слой 0,015 мм. (То же при нагреве в печи в порошке Ti или FeTi в H_2 и 1100° С за 8—10 ч.)

Порошок гидрида титана замешивают на растворе нитроцеллюлозы в изоамилацетате до сметанообразной консистенции, затем наносят на поверхность изделия слоем 100—200 мкм. Слой сушат 20 мин, изделие помещают в камеру, заполненную аргоном, и нагревают со скоростью 50° С/с до 950—1200° С. При 1100° С за 1—4 мин получают слой со 100%-ным содержанием титана глубиной 100—200 мкм (в зависимости от толщины исходного слоя обмазки). При 1200° С за 1—2 мин толщина 100%-ного титанового слоя 25—30 мкм. Далее идет двухфазный слой железо — титан с содержанием последнего 40%.

Таблица 7.7

НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВОВ ДЛЯ ТИТАНИРОВАНИЯ

Назначение	№ состава
Титанирование стали:	
газовое (в парах)	3, 4
в порошке	1, 2
в расплавах	5
в пасте с ТВЧ	8
в инертном газе	9
Электролизное титанирование	6, 7

2.5. БОРИРОВАНИЕ

Диффузионное насыщение поверхностного слоя стали бором повышает твердость, износостойкость. Проводится в твердых (порошки, пасты) и газообразных средах с нагревом в печах или ТВЧ — диффузионное борирование, а также в расплавах при пропускании постоянного электрического тока — электролизное борирование. Наиболее эффективно борирование в пастах при нагреве ТВЧ, наиболее проста обработка в порошках при нагреве в печи.

Борирование в расплавах.

1. Карбид бора (порошок) — 30—40; бура — 60—70. При 900—1100° С в течение 5—20 ч — слой 0,15—0,85 мм.

2. Состав для жидкостного борирования (% вес.): $Na_2B_4O_7$ — 45—85; B_2O_3 — 5—15; MgCa (лигатура) — 10—40. (Повышенная износостойкость боридного слоя).

3. Низкотемпературное борирование из расплавов (% вес.). LiF — 22—25; NaF — 9—10; KF — 44—55; борсодержащее вещество — 15—25. (Повышение эксплуатационных свойств покрытия).

4. Расплав для низкотемпературного борирования (% вес.). LiF — 19—23; NaF — 5—10; KF — 27—45; B_2O_3 — 5—30; восстановитель (B; B_4C; FeB; FeBAl; SiCa; SiMn) — 15—25. (Повышенная твердость покрытий и ускорение насыщения).

5. Расплав для низкотемпературного борирования (% вес.). KCl — 25—29; $K_2B_4O_7$ — 4—8; LiCl — 20—23; $Li_2B_4O_7$ — 10—19; NaCl — 2—3; $Na_2B_4O_7$ — 6—11; восстановитель — 15—25.

В качестве восстановителя одно из следующих веществ: B_4C; SiCa; SiC; SiMn; силикомишметалл. (Повышенные технологичность и срок службы).

6. Борирование в порошке. Карбид бора (порошок) — 80; аммоний хлористый — 0,5—1; кварцевый песок — до 100%. При 950° С за 6 ч — 0,12—0,14 мм.

7. Бор аморфный — 75—95; магний фтористый — 5—25. При 1000° С за 2 ч 0,2 мм твердостью HV=1750 кгс/мм².

	8	9
Карбид бора	79	84
Бура	16	16
Фторборат калия	5	—

Состав (8) при 1000° С за 6 ч — 0,24 мм, состав (9) при 1000° С за 6 ч — 0,14 мм.

Карбид бора можно заменить аморфным бором, ферробором, бурой или их смесями; фторборат калия можно заменить фторборатом натрия или аммония.

10. Борный ангидрид — 20—60; силикокальций — 10—60; натрий углекислый безводный — 20—30. При 1100—1200° С за 0,5—1 ч — 1,5—3,0 мм.

11. AlF_3 — 0,1—3; B_4C — до 100. (Улучшенная технологичность).

12. Порошок карбида бора прокаливают при 250—540° С, затем, не охлаждая, загружают в контейнер с обрабатываемыми деталями и помещают в печь. Затвор герметизируют расплавом натриевой силикат-глыбы. При 950° С за 2 ч слой на стали марки 20 — 130—140 мкм, на стали У10 — 125—130 мкм; при 1000° С за 2 ч на стали У8 — 185 мкм.

13. Газовое борирование с нагревом ТВЧ. Среда — диборан — 100%. Нагрев — 1050° С, установка ЛГ-60 (150—200 кГц). За 2 ч — 150 мкм. Ровный и непрерывный слой получается при 800—850° С.

14. Диборан — 1 об. ч.; водород — 25—75 об. ч. Расход смеси — 75—100 л/ч при рабочем объеме 1000 см³. При обработке высоколегированной стали при 800—850° С за 4 ч — 0,2 мм; при 900—1100° С за 2 ч — 0,07—0,16 мм, микротвердость H_μ=2000 кгс/мм².

15. Треххлористый бор — 5; водород — 95. При 850° С — за 3—6 ч на железе получается слой 0,11—0,20 мм; H_μ=2000 кгс/мм².

Борирование в пастах с нагревом ТВЧ. Пасты наносятся окунанием до толщины

1—2 мм. Затем сушатся при 150—180° С. Нагрев ТВЧ со скоростью 100° С/с.

16. Карбид бора (зерно 0,012 мм) — 50; криолит — 50. Связующее — гидролизованный этилсиликат. При нагреве стали У8 до 1200° С (ТВЧ) за 1, 2 и 3 мин получены соответственно слои 0,035, 0,08 и 0,125 мм.

17. Карбид бора (зерно 0,012 мм) — 87; гидролизованный этилсиликат — 13. При 1200° С на Ст. 5 после выдержек 30, 60 и 90 с получены диффузионные слои соответственно 0,18, 0,25 и 0,030 мм.

18. Карбид бора (зерно 0,012 мм) — 84; бура — 16. Связующее — гидролизованный этилсиликат. При 1100° С (ТВЧ, установка ЛЗ-67) за 4—5 мин слой 0,03 мм при H_μ = 1500—1800 кгс/мм^2.

(Обычно такой слой получают в порошке при 900° С за 25 ч, а электролизным борированием при 900° С — за 6 ч).

Электролизное борироваие. Проводится в расплавах буры, содержащих окислы щелочных металлов, цианистый натрий.

19. Бура — 100%. Борируемая деталь — катод. Графитовый тигель — анод. $t_{раб}$= =900—950° С; $D_к$ = 0,15—0,20 А/см^2. Глубина слоя 0,2—0,4 мм. Твердость HV= =1600—2000 кгс/мм^2. Длительность процесса — 2—6 ч.

20. Бура — 75—60; окись свинца — 25—40. $t_{раб}$ = 550—600° С; $D_к$ = 0,1—0,2 А/см^2. Длительность пропесса 5—10 ч.

При электролизном борировании армкожелеза в расплаве 65% буры и 35% окиси свинца в течение 6 ч при 550° С и $D_к$= =0,15 А/см^2 получен слой 0,02 мм.

Таблица 7.8

НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВОВ ДЛЯ БОРИРОВАНИЯ

Назначение	№ состава
Борирование стали:	
в расплавах	1, 2
в расплавах низкотемпературное	3, 4, 5
в порошке	6, 7, 8, 9, 11
в порошке скоростное с нагревом ТВЧ	10
газовое (в парах)	13, 14, 15
в пастах с нагревом ТВЧ	16, 17, 18
Электролизное борирование стали:	
в однокомпонентном расплаве	19
низкотемпературное	20, 21

21. Бура — 60—90; едкий натр — 10—30 или сульфит натрия — 20—40. $t_{раб}$=600—650° С в расплаве, содержащем едкий натр, или 550—700° С в расплаве, содержащем сульфит натрия. $D_к$=0,2 А/см^2; τ=4—6 ч; δ=0,055 — 0,04 мм за 6 ч.

2.6. ЦИНКОВАНИЕ

Насыщение поверхности стали цинком повышает коррозионную устойчивость. Проводится в твердых средах (порошки, металлопокрытия) и металлических расплавах.

Пример состава порошка (% вес.). Порошок цинка (до 65%) — 75; песок, глинозем или порошок шамота — 25. Нагрев деталей в смеси 8—10 ч при 450—480° С.

2.7. ХРОМОСИЛИЦИРОВАНИЕ

Диффузионное насыщение поверхности стали хромом и кремнием (одновременио) повышает ее жаростойкость и коррозионную стойкость. Проводится в расплавах, например в составах (1)—(3) (% вес.).

1. Натрий кремнекислый — 65—85; окись хрома — 5—25; натрий хлористый — 9—11. $t_{раб}$=1000—1100° С, время обработки—от 2 до 6 ч, в зависимости от требуемой толщины диффузионного слоя.

Так, при обработке детали из стали 20 в течение 4 ч на ее поверхности образуется диффузионный слой толщиной 0,1 мм, состоящий из твердого раствора хрома и кремния в α-железе и обладающий высокой жаростойкостью и коррозионной стойкостью. При обработке в тех же условиях детали из стали У8 на ее поверхности образуется карбидный слой толщиной 25—30 мкм, состоящий из карбнда хрома $Cr_{23}C_6$, легированного кремнием.

2. Cr_2O_3 — 38—45; SiO_2 — 5—10; Al — 9—12 NH_4Cl — 1—3; Al_2O_3 — до 100%. (Беспористые покрытия, удешевлеиие процесса).

3. Cr_2O_3 — 12—25; SiO_2 — 25—28; эвтектическая смесь NaF и KF — до 100%; силикомишметалл — 5—15% от веса расплава. (Увеличение жидкотекучести расплава, интенсификация процесса).

2.8. МАРГАНЦЕВАНИЕ

Процесс осуществляется с нагревом ТВЧ. 60%-ный ферромарганец (порошок) замешивают на гидролизованном этилсиликате. При 1200° С за 60 с получают диффузионный слой 0,25 мм. (При нагреве в печи за 6 ч — 0,085 мм.)

2.9. МОЛИБДЕНИРОВАНИЕ

Состав пасты для насыщения поверхности молибденом с нагревом ТВЧ: 85%-ный ферромолибден (порошок) — 88; этилсиликат — 11. При 1200° С за 60 с получают слой 0,06 мм.

2.10. КАРБОСИЛИЦИРОВАНИЕ

Диффузионное насыщение поверхности стали углеродом и кремнием (одновременно) повышает износостойкость, предотвращает схватывание и заедание трущихся поверхностей в условиях сухого и граничного трения скольжения.

Состав для проведения карбосилицирования (% вес.): ферросилиций FeSi — 28; окись алюминия — 60; аммоний хлористый — 4; древесноугольный карбюризатор — 8.

Процесс осуществляется при 1050—1100° С.

Получают поверхностный слой с шаровидными равномерно распределенными включениями графита, что создает постоянное разделение контактирующих поверхностей тонким слоем графитовой смазки, предотвращающей схватывание и заедание трущихся поверхностей в условиях сухого и граничного трения скольжения.

Для ускорения процесса графитизации изделия после карбосилицирования могут быть подвергнуты предварительной закалке в воде. Для повышения твердости стальной матрицы графитизированного слоя детали подвергают заключительной термической обработке, включающей в себя закалку и отпуск.

2.11. КАРБОСУРЬМИРОВАНИЕ

Диффузионное насыщение поверхности стали углеродом и сурьмой (одновременно) повышает износоустойчивость, твердость и коррозионную устойчивость к морской воде и растворам серной и азотной кислот.

Карбосурьмирование может проводиться в печах газовой цементации, куда вместе с цементирующим газом подаются пары $SbCl_2$ или другие содержащие сурьму компоненты, а также путем подачи в печь жидкостей (керосина, синтина и др.), в которые добавляется содержащий сурьму компонент, например $SbCl_2$ в виде раствора или тонкоизмельченного порошка.

При применении твердого карбюризатора карбосурьмирование проводится при 950° С в течение 3—8 ч и к карбюризатору добавляются 5% Na_2CO_3 и 0,25—1% Sb_2O_3. Может быть также применен и карбюризатор, состоящий из 85% древесного угля и 15% Na_2CO_3, к которому добавляется 0,25—1% Sb_2O_3. Сурьмирование здесь происходит за счет паров сурьмы, которая восстанавливается из трехокиси сурьмы углеродом древесного угля и окисью углерода.

2.12. ВОЛЬФРАМИРОВАНИЕ

Процесс насыщения поверхности стали вольфрамом проводится для повышения ее жаропрочности. Проводят в расплавах, например состава (% вес.): вольфрамат натрия — 80—90; силикокальций — 10—20. $t_{раб}$=950—1100° С.

2.13. БОРОФОСФАТИРОВАНИЕ

Диффузионное насыщение поверхности стали бором и фосфором одновременно. Электролизное борофосфатирование ведут в составе (% вес.): бура — 30—50; тринатрийфосфат — 50—70. $t_{раб}$=750—800° С; $D_к$= =0,1—0,3 А/см².

2.14. БОРОХРОМИРОВАНИЕ

Насыщение поверхности стали бором и хромом. Ведется в среде следующего состава (% вес.): активатор — 0,5—10; диборид хрома — 20—80; инертный разбавитель — до 100%.

2.15. БОРОАЛИТИРОВАНИЕ

Диффузионное насыщение поверхности стали бором и алюминием (одновременно) осуществляется в составе (% вес.): алюминий (порошок) — 15—20; борный ангидрид — 10—15; натрий фтористый — 0,5—2,0; окись алюминия — до 100%.

Длительность обработки 3—6 ч в зависимости от требуемой глубины слоя при 850—1050° С в контейнерах с плавкими затворами. Слой состоит из боридов железа и твердого раствора алюминия в железе.

2.16. АЛЮМОСИЛИЦИРОВАНИЕ

Диффузионное насыщение поверхиости стали алюминием и кремнием (одновременно) ведется в составе (% вес.): алюминий (порошок) — 15—20; натрий фтористый — 1—3; окись алюминия — 42—54; двуокись кремния (кварц пылевидный) — 30—35. На низко-, средне- и высокоуглеродистой стали за 4 ч образуется слой глубиной: при 900° С — 70—85 мкм, при 1000° С — 150—230 мкм, при 1100° С — 245—336 мкм. Процесс осуществляется в контейнерах с плавкими затворами. Двуокись кремния и алюминия можно вводить в форме огнеупорной глины.

2.17. ХРОМОАЛЮМОСИЛИЦИРОВАНИЕ

Диффузионное насыщение поверхности хромом, алюминием и кремнием (одновременно) проводится в составе (% вес.): алюминий (порошок) — 20—23; алюминий фтористый — 3—5; двуокись кремния (кварц пылевидный) — 7—9; окись алюминия — до 100%; окись хрома — 34—39.

Процесс осуществляется в контейнерах с плавкими затворами. На низко-, средне- и высокоуглеродистой стали при выдержке 2—8 ч в интервале температур 900—1100° С получают слой глубиной от 100 до 230 мкм.

2.18. ПОКРЫТИЕ КАРБИДОМ НИОБИЯ

Процесс в смеси хлоридов ниобия с метаном при давлении 4—20 мм рт. ст., соотношении концентрации метана и хлорида ниобия — 0,5—2,0, скорости протока газовой смеси 1,3—10 м/ч и температуре 900—1100° С с охлаждением до 100—150° С в парах хлоридов ниобия.

После достижения в реакционной камере разрежения $5 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст. нагревают испаритель с хлоридом ниобия до нужного давления паров, затем подают метан. Общее давление смеси регулируют скоростью откачки. После требуемой выдержки при 900—1100° С прекращают подачу метана и охлаждают при включенном форвакуумном насосе в парах хлоридов ниобия.

2.19. РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ ДИФФУЗИОННОГО ЛЕГИРОВАНИЯ

1. Насыщение титановых сплавов алюминием и медью (% вес.): Al—10—45; CuO — 25—60; AlF_3 — 3—5; Al_2O_3 — до 100.

(Повышение жаростойкости и износостойкости титана и его сплавов).

2. Поверхностное легирование титановых сплавов тугоплавкими металлами (% вес.). Уголь древесный — 40—60; алюминий и окись карбидообразующего элемента — 35—55; AlF_3 — 5; соотношение $Al:WO_3=1:4$; $Al:Mo_2O_3=1:2,3$; $C:Cr_2O_3=1:2,8$; $C:Nb_2O_5=1:6$. (Комплексное легирование, снижение температуры печи, интенсификация процесса, повышение жаростойкости изделий).

3. Состав для цирконоалитирования (% вес.). ZrO_2 — 35—49; Al — 21—35; AlF_3 — 3—5; Al_2O_3 — до 100%. (Удешевление процесса.)

4. Совместное насыщение стали ниобием и алюминием (% вес.). Nb_2O_5 — 30—35; Al_2O_3 — 30—40; AlF_3 — 3—5; Al — 25—30.

5. Состав для цирконосилицирования (% вес.): Al_2O_3 — 100%; Al — 13—18; NH_4Cl — 1—3; SiO_2 — 5—10; ZrO_2 — 35—40. (Сниженная стоимость и трудоемкость.)

3. СОСТАВЫ ДЛЯ ОСОБЫХ ВИДОВ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Сюда относятся процессы диффузионного насыщения, проводимые в условиях электролитного нагрева, и диффузионного насыщения с помощью энерговыделяющих паст. Эти виды обработки объединены тем, что выделение тепла, необходимого для протекания диффузии, происходит непосредственно в диффузионной зоне.

3.1. ОБРАБОТКА ПРИ НАГРЕВЕ В ЭЛЕКТРОЛИТАХ

В составах, используемых для этой цели, одновременно с нагревом поверхности металла, обусловленным электрофизическими и электрохимическими процессами, происходит и химическое насыщение ее тем или иным элементом.

1. Состав для цементации (% вес.) Ацетон или спирт — 80; вода — 20. $U=150—250$ В; $t=20—30°$ С; $\tau=0,1—1$ мин.

2. Состав для сульфидирования (% вес.). Натрия тиосульфат — 10; аммоний хлористый — 15; вода — 75. $U=150—250$ В; $t=30—50°$ С; $\tau=0,1—0,5$ мин.

3.2. ОБРАБОТКА С ПОМОЩЬЮ ЭНЕРГОВЫДЕЛЯЮЩИХ ПАСТ

Сущность данной разновидности химико-термической обработки состоит в том, что тепло, необходимое для осуществления диффузии элементов, выделяется за счет сгорания некоторых компонентов, входящих в состав наносимой на обрабатываемую поверхность пасты. При этом элемент, вводимый в обрабатываемый металл, наносят на его поверхность в виде тех или иных соединений, а затем покрывают энерговыделяющей пастой. Иногда (реже) вводимый в металл элемент входит в состав самой пасты.

1. Энерговыделяющая паста (% вес.). Алюмомагниевая лигатура — 30; железная окалина — 30; окись кремния — 30; азотнокислый натрий или калий — 10. Теплота сгорания — 846 ккал/кг.

2. Энерговыделяющая паста пониженной спекаемости (% вес.). Алюминий — 20—50; железная окалина — 40—75; карбид бора — 5—30; окись кремния — 0—20. Теплота сгорания — 900—1100 ккал/кг.

3. Энерговыделяющая паста для сульфоцианирования (% вес.). Алюминий — 20—50; железная окалина — 40—70; сера — 5—25; окись кремния — 5—35.

Применяется в качестве верхнего (тепловыделяющего) слоя при сульфоцианировании.

Активная паста (наносимая непосредственно на металл) имеет состав: сернистое железо — 25; карбюризатор — 22; калий железистосинеродистый — 53.

Некоторые индексы МКИ, которыми сведения гл. VII классифицируются в патентной литературе:

Подкласс C 23 c	Диффузионные способы обработки поверхности металлических изделий
Группа 9/00	Цементация диффузионными способами с применением твердых или жидких веществ
9/02	металлами, путем нагревания деталей в металлическом порошке
9/04	неметаллами (твердыми)
9/06	науглероживание с помощью твердых карбюризаторов
9/08	стальных изделий
9/10	путем погружения в расплавленные соли (науглероживание, азотирование, цианирование)
11/10	науглероживание в газах
11/14	азотирование и цианирование в газах

Некоторые индексы УДК, которыми сведения гл. VII классифицируются в печатных изданиях:

621.78	Нагрев. Термическая обработка
621.78.062.5	Газовые среды. Химически активные атмосферы (среды)
621.78.066.65	Химически активные соли, например для цементации
621.78.067.5	Химически активные твердые среды, например твердые карбюризаторы
621.785.5	Цементация, азотирование, цианирование и т. п.
621.785.52	Цементация
621.785.53	Азотирование
621.785.533	Нитроцементация (цианирование)
621.785.539	Насыщение прочими элементами, например серой (сульфидирование).

СОСТАВЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ СВАРКЕ МЕТАЛЛОВ

Сварка металлов, наряду с пайкой и склеиванием, относится к наиболее распространенным методам получения неразъемных соединений. Среди всех способов, используемых с этой целью (в том числе механических), сварка, при правильном ее выполнении, обеспечивает наиболее прочные соединения, иногда превосходящие по прочности соединяемые металлы.

В технологических операциях сварки применяется множество различных материалов — присадочный металл, электроды, электродные покрытия, флюсы, горючие и защитные газы и т. д.

1. СВАРОЧНАЯ ПРОВОЛОКА И ПРИСАДОЧНЫЙ МЕТАЛЛ ДЛЯ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКИ

В зависимости от состава свариваемых металлов и условий сварки практически могут применяться прутки (проволока) самых разнообразных составов из марок, выпускаемых металлургической промышленностью или (реже) специально изготовляемых для конкретных целей. Ниже приводится перечень составов проволок, применяемых при сварке, который, разумеется, не исчерпывает всего их многообразия. Вместе с тем приводимые составы дают возможность выбора и облегчают использование других составов, подбор которых возможен по аналогии.

1.1. СОСТАВЫ СВАРОЧНЫХ ПРОВОЛОК ДЛЯ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

(% вес.)

(Основные назначения проволок указаны в табл. 8.1.)

1. C — 0,3—0,4; Si — 0,15—0,8; Mn — 0,3—0,8; Cr — 1—4; Ni — 1—2; Mo — 0,3—0,6; W — 0,4—0,8; V — 0,3—0,5; Co — 0,8—1,2. (Повышенная пластичность наплавленного металла и сниженная склонность к образованию трещин).

2. C — 0,18—0,25; Si — 0,6—1,2; Mn — 1,7—2,2; Cr — 1,5—2,0; Ni — 1,0—1,3; W — 0,9—1,3; Mo — 0,4—0,5. (Швы, не склонны к хрупким разрушениям и горячим трещинам).

3. C — 0,10—0,15; Si $\leqslant$ 0.4; Mn — 6.5—8; Cr — 15—17; Ni—13—16; W—2—3; Nb — 1,8—2,4. (Наплавки стойки к образованию горячих трещин).

4. C—0,08—0,018; Si — 0,6—0,9; Mn—0,8—14; Cr — 0,1—0,5; Ni — 0,1—0,5; Cu — 0,1—0,5; Ai — 0,4—0,6. (Дает металл шва с повышенной ударной вязкостью при отрицательных температурах. При сварке низкоуглеродистой и углеродистой стали ударная вязкость 8,2—9,5 кгс·м/см² при —40° C).

5. C < 0,04; Si < 0,35; Mn < 1,0; Cr — 12—16; Mo — 10—16; Ti — 0,6—1,5; Al — 0,3—1,0; Ni — остальное.

6. C — 0,7—0,23; Si — 0,6—0,9; Mn — 0,9—1,2.

7. C — 3,3—3,6; Si — 4,2—4,8; Mn — 0,5—0,8; P — 0,3; Ti — 0,1—0,2; Al — 0,2—0,45. (Дает беспористые швы в отсутствие газовой или шлаковой защиты).

8. N_2 — 0,2—0,3; V — 1,8—2,2; W — 3—4; Si — 0,2—0,4; Mn — 0,5—0,8; Mo — 3—4; Ni — 16—18; C — 0,008—0,12; Cr — 18—20; Fe — до 100%; можно ввести Ce — до 0,3. (Сварные швы обладают пониженной склонностью к образованию горячих трещин).

9. N_2 — 0,002 — 0,03; Si — 0,002 — 0,2; Mn — 2 — 5; Mo — 3 — 7; Ni — 35 — 45; Nb — 0,35—0,85; C — 0,005—0,03; Cr — 15—20; Fe — до 100%; Ce — до 0,11. (Сварные швы устойчивы против МКК и коррозионного растрескивания в хлоридсодержащих средах, жаростойки и жаропрочны).

10. Cu — 27,5—32; Ni — 55—59; сталь — 0,6—1,2; FeMn — 1—1,4; чугунные отходы — до 100%.

11. а) покрытие: $CaCO_3$ — 10—20; Nb — 1—2,5; CaF_2 — 73,5—83,5; Al_2O_3 — 1—5; б) стержень: W — 2,8—3,5; Fe — до 100%; Mn — 1,2—1,5; Mo — 4—5; Ni — 40—45; Nb — 0,9—1,3; Cr — 20—22; C — не более 0,04; Si — не более 0,5.

12. C — 0,15—0,03; Si — 0,1—0,2; Mn — 0,5—0,7; Cr — 19—22; Ni — 25—30; W — 4,6—6,0; Mo — 2,8—3,5; Nd — 0,15—0,2; Nb — 0,7—1,3; N_2 — 0,15—0,3; B — 0,003—0,005; Fe — до 100%. (Металл шва повышенно пластичен и стоек против образования горячих трещин.)

13. Ce — 0,03—0,15; Co — 8—10; Mn — 2—6; C — 0,05—0,015; Si — 0,1—0,5; Cr — 22—26; Nb — 1—4; Mo — 6—12; Fe — 1—6; Ni — до 100%. (Повышенная прочность и стойкость швов против образования горячих трещин. Дальнейшее повышение — добавкой 0,1—0,8 Re.)

14. C — 0,05—0,12; Mn — 3—5; Si — 0,2—0,9; Al — 0,1—1,0; Mo — 0,1—1,0; Ni — 0,05—1,0; Ti — 0,1—0,6; Cu — 0,1—1,0; Fe — до 100%. (Сварка в среде CO_2. Повышенные механические характеристики металла шва.)

15. C — 0,05—0,5; Mn — 0,2—0,8; Si — 0,01—0,5; Cr — 0,02—5; Ni — 0,02—8; Mo — 0,1—0,8; V — 0,01—0,8; Ce — 0,06—3,7; Fe — до 100%. (Уменьшенная склонность шва к горячим трещинам и образованию пор. Повышенные пластические свойства и вязкость металла).

Таблица 8.1

НАЗНАЧЕНИЕ СВАРОЧНЫХ ПРОВОЛОК СОСТАВОВ (1)—(15)

Свариваемые металлы	№ состава
Аустенитые стали и сплавы	9
Аустенитные жаропрочные стали	3
Аустенитные стали, стойкие к межкристаллитной коррозии (МКК)	9
Аустенитные стали, стойкие к коррозии, под напряжением при нагреве до 600°C	11
Высокопрочные стали	1, 2, 8
Высокопрочные корпусные стали	8
Глубокоаустенитные стали	12
Жаростойкие и жаропрочные стали и сплавы	3, 5, 9
Малоуглеродистая сталь	4, 6
Среднеуглеродистая сталь	4, 13, 14
Углеродистые стали — электрошлаковая сварка	15
Чугуны — холодная сварка	10
Чугуны — заварка дефектов в отливках чугунными прутками	7

1.2. СОСТАВЫ СВАРОЧНЫХ ПРОВОЛОК ДЛЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

(% вес.)

(Основные назначения проволок указаны в табл. 8.2)

1. La — 0,001—0,1; Ag — до 100%.

2. V — 0,001—0,1; La — 0,001—0,1; Ag — до 100%.

3. Ce — 0,001—0,1; V — 0,001—0,1; La — 0,001—0,1; Ag — до 100%. (Сварные швы обладают повышенной стойкостью против коррозии).

4. Ni — 5—6,5; Al — 1,5—2,5; Fe — 0,8—1,3; Mn — 2,5—3,5; Cu — до 100%. (При сварке Ni — Al — Fe бронз уменьшает выгорание легирующих элементов. Прочность соединения: $\sigma_в$=36—40 кгс/мм²; $a_н$=14—16 кгс·м/см²; металла шва: $\sigma_в$=37—40 кгс/мм²; δ=30—36%; ψ=70—75%.

5. Sn — 4—9; Ni — 3—7; Zn — 1—4; Ce — 0,2—0,25; P — 0,18—0,25; Cu — до 100%.

6. Оболочка проволоки (49—59% вес.) — алюминиево-марганцовистая бронза; сердечник — сочетание проволок из манганина (38—46%) и алюминия (3—5%). (Повышенная пластичность и твердость наплавленного металла).

7. Редкоземельные элементы или мишметалл — 0,01—0,3; Cu — 43—48; Ni — 9—10; Si — 0,1—0,5; Zn — до 100 %. (Повышенная коррозионно-механическая стойкость наплавленного металла и повышенные показатели механических свойств).

8. Ni или Co — 15—25; Al — до 100%. (Условие, чтобы содержание Fe в металле шва не превышало 30—35, достигается разделкой кромок стальной детали. Структура шва мелкозернистая, беспористая).

9. Ni — 62—75; Mn — 0,5—4; Ti — 0,2—2; Al — 0,1—1,5; Ce — 0,1—0,8; Cu — до 100%.

10. Сварка FeNi сплавов типа Инвар. C — 0,08—0,15; Mn — 2,5—3,5; Ti — 0,5—1,5; Ni — 35—42; Mo — 0,5—4; Cr — 0,5—8; Ce — 0,05—0,2; Fe — до 100%. В состав материала могут быть введены: Si — до 0,25; O_2 — до 0,005; H_2 — до 0,0001; N_2 — до 0,001; S — до 0,008; P — до 0,01. (Повышенная стойкость сварных соединений к образованию пор и горячих трещин).

11. V — 18—25; Zr — 1—1,5; Cr — 12—15; Ti — до 100%.

12. Сварка титана. Al — 2—3; V — 15—20; Cr — 10—15; Ti — до 100%.

13. Al — 2—3; Cr — 10—15; Mo — 2—3; Ti — до 100; V — 10—15; Zr — 1—1,5. [Составы (11) — (13) — повышенная стойкость сварных соединений к образованию пор и горячих трещин.]

Таблица 8.2

НАЗНАЧЕНИЕ СВАРОЧНЫХ ПРОВОЛОК СОСТАВОВ (1)—(13)

Свариваемые металлы	№ состава
Алюминий со сталью	6
Биметалл	8
Биметалл монель — сталь	9
Бронза Al—Mn	6
Бронза Ni—Al—Fe	4
Бронза ОФЦ	5
Инвар	10
Латунь со сталью	7
Серебро	1, 2, 3
Титан	11, 12, 13

2. СОСТАВЫ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК

Порошковой проволокой называется сварочная проволока, состоящая из тонкой металлической (обычно стальной) оболочки, полость которой заполняется порошкообразной смесью (шихтой) того или иного состава. При разогреве такой проволоки сплавление оболочки и сердечника дает металл требуемого состава, получить который, применяя сплошную проволоку, бывает затруднительно.

При изготовлении порошковых проволок все компоненты, входящие в состав сердечника, берутся в виде тонких порошков (сито 3600 отв./см² и менее), тщательно перемешиваются в смесителях и ими плотно заполняется оболочка из свернутой в трубку ленты (обычно мягкая сталь). После заполнения трубку с сердечником путем волочения доводят до нужного диаметра.

Порошковые проволоки обеспечивают высокую производительность сварки и наплавки и экономичность процесса.

При изготовлении порошковой проволоки состав исходных материалов и их соотношения подбираются с расчетом получения наплавленного металла заданного состава. При этом один и тот же состав можно получить, применяя различные исходные вещества. В приводимых ниже составах С вводится в виде графита, $CaCO_3$ — в виде мрамора, CaF_2 — в виде плавикового шпата, Fe (в составе шихты) — в виде железного порошка.

В приводимых ниже составах термин «порошковая проволока» подразумевает сочетание сплошной оболочки с внутренним сердечником в форме порошка.

В рецептах составов, не имеющих суммой 100%, недостающее до 100% количество приходится на долю стальной оболочки. Термин «сердечник» в перечне составов относится к наполнению порошковой проволоки, без учета оболочки. Соответственно произведено разделение проволок и сердечников в следующей далее таблице 8.3 — указателе назначений составов (1) — (62).

Составы порошковых проволок (% вес.):

1. С — 0,24 — 2,6; FeMn — 22,5—27; Fe — 1,9—5,2; W — 14—16; лента стальная (оболочка) — остальное. (Стойкость наплавки в 2—5 раз выше, чем стали ЛГ13).

2. Cr(N) —10—12; Ni—4—8; FeNb—0,5—2; Cr — 1—4; FeMo — 1—4; Al — 1—7; FeV — 1—5; FeTi — 1—20. (Могут также вводиться медный порошок — 1—3; порошок кобальта — 1—4; оболочка — армкожелезо).

3. FeCr — 18—22; $CaCO_3$ — 1—1,5; CrB_2—8—10; FeTi — 2—3; С — 2,5—3. При замене борида хрома ферробором или лигатурой в количестве 10—12% содержание феррохрома (FeCr) — 26—30%, а графита — 2—2,5. (Наплавка высокоизносостойка при гидроабразивном и абразивном износе. Твердость HRC=54—58.)

4. Рутил — 13,6—15,2; CaF_2 — 14,7—15,9; $CaCO_3$ — 6,3 — 7,1; FeTi — 17,9 — 36,0; FeMn — 0—4; Fe — остальное. Наплавка стойка к большим динамическим и вибрационным нагрузкам. Твердость HB= =200—250.

5. B_4C — 25—55; FeTi — до 1; Fe — остальное. Оболочка — малоуглеродистая сталь. Твердость наплавки HV=780—800 кгс/см².

6. Mn(N) —2—8; Ni — 2—5; Cr — 13—16; Al — 1—10; FeTi — 1—3; FeMo — 1—2,5. Оболочка — армко-железо. Наплавленный металл при старении (400—500° С) упрочняется. (Наплавка износостойка и коррозиестойка).

7. Ni —42,4—49,5; Co — 19,8—29,7; Mo — 13,2—23,1; Ti — 3—4,5; Al — 2,8—3,5. Оболочка — армко-железо. Коэффициент заполнения 33%. (При горячей штамповке за счет выделения интерметаллидных фаз наплавленный металл упрочняется.)

8. Al — 5—8; С — 0,5—1; CaF_2 — 43—48; $CaCO_3$ — 7—8; FeMn — 3—4,5; FeCr — 2—4; Fe — 25—28; магнезит — 6—7. (Наплавленный металл имеет среднюю твердость, стоек к истиранию.)

9. CaF_2 — 46—49; силлиманит — 1—3; карбонаты — 9—11; FeMn — 3—4, Fe — 25—32; Al — 5,5—9; ZrO_2 — 0,5—2. Оболочка — низкоуглеродистая холоднокатаная лента (ГОСТ 503—41). Соотношение (порошок): (лента) = (72—68) : (28—32). $a_н$ — ударная вязкость при (—40—60° С) =7—12 кгс·м/см²; коэффициент наплавки — 18—26 г/(А·ч).

10. Рутиловый концентрат — 6—6,4; CaF_2—6,4—6,7; $CaCO_3$— 1,6—1,9; FeMn — 1—1,6; FeSi — 0,1—2; Fe — 22—24; FeTi — до 3,6.

11. Шихта порошковой проволоки для сварки среднеуглеродистых и низколегированных сталей в среде углекислого газа (сердечник): Fe — 77—91; FeMn — 5—12; FeSi — 4—11. Коэффициент наплавки — 15—17 г/(А·ч). Металл наплавки $\sigma_в$=57—60 кгс/мм²; δ=21—30%; $a_н$=11—13 кгс·м/см².

12. $CaCO_3$ — 1,8—2,5; CaF_2 — 1,8—2,5; FeMn—0,75—0,65; FeSi—0,45—0,65; Fe—24—26; Cu — остальное (оболочка); твердость наплавки HB=105.

13. С — 4,2—5,2; FeSi — 4,0—5,0; FeMn—0,6—1,0; Al=0,1—0,3; Fe — 0,16. (В состав порошка вводится также железная окалина. Для улучшения формирования ванны контур разделки покрывают замешанной на воде массой: песок кварцевый—20; глина огнеупорная—5; кварц — 20; графит серебристый — 50; декстрин — 5. Сварка ведется на токе 800—1200 А и скорости 450—600 м/ч. Наплавка 15—20 кг/ч).

14. CaF_2 — 8,8—16,5; карбонат щелочноземельного металла — 0,1—0,5; магнезит — 1,3—5,0; глинозем — 2,4—7,0; бихромат щелочного металла — 0,2—1,0. Магнезит можно полностью или частично заменять металлическим магнием, а глинозем на 1/3 — 1/2 — металлическим алюминием.

15. Co — 17,5—29; Mn — 6—12; V — 6—12; Mo — 10—17; Ti — 2—3,9; Al — 0,9—3; Ni — 30—40. Оболочка — армко-железо. Наплавленный металл представляет собой безуглеродистый мартенсит, упрочненный интерметаллидными фазами.

16. FeMo — 22,25; С — 1,4; FeMn — 4,17; Na_2SiF_6 — 2,78; FeCr — 11,1; FeW — 38,9; FeV — 9,7; FeTi — 9,7. (Наплавка обладает повышенной устойчивостью к термической усталости и трещинообразованию.)

17. Cu — 13—16; Al — 1,8—2,4; Ti — 0,4—1,5; Ni — остальное (оболочка). При наплавке или сварке в аргоне $a_н$=20—25 кгс·м/см². Предназначена для сварки никеля с никелем, его сплавами, медью, нержавеющими и малоуглеродистыми сталями, а также для наплавки защитных покрытий.

18. Железная окалина — 0,8—1,2; $AlF_3\times$ $\times 3NaF$ — 0,5—0,8; полевой шпат — 2—5; TiO_2 — 3—8; FeMn — 1,5—1,5; FeSi — 0,1—0,3. Можно вводить до 15% железного порошка. (Уменьшение глубины провара и снижение С и Si в шве.)

19. Al — 0,8—1,2; С — 5—6; KNO_3 — 0,6—0,8; FeV — 0,8—1,2; FeMn — 0,3—0,5; FeSi — 3,6—4,2; FeTi — 3,5—4. Можно вводить до 20% железного порошка. (Повышенная степень графитизации.)

20 Шихта порошковой проволоки: Al — 1—4,5; W — 18—36; Fe — до 100; С — 0,5—2; FeV — 0,3—3; Cr — 9—36. (Повышенная твердость и износостойкость).

21. $CaCO_3$ — 2—3; CaF_2 — 2—3; рутил — 4—6; C — 0,1—0,2; FeV — 0,03—1,5; FeMn — 0,5—1,0; FeTi — 15—25; Cr — 0,1—2. (Повышенная твердость после скоростного высокотемпературного азотирования.)

22. Шихта порошковой проволоки: Fe — до 100%; $CaCO_3$ — 1—3; полиэтилен —3—7; рутил — 10—20; силикат-глыба — 5—10; тальк — 2—5; FeMn — 5—10; готовая проволока прокаливается при 180—230° С. (Обеспечивает беспористый шов.)

23. TiO_2—6,8—7,6; жидкое стекло— 0,5—1; $CaCO_3$—3,6—4; CaF_2—3,2—3,6; FeMn—1,2—1,8; FeSi — 0,4—0,8; FeTi — 2,4—3,2. Можно вводить Ni — до 0,9%. (Для сварки малоуглеродистых и низкоуглеродистых корпусных сталей.)

24. Al — 2—4; B — 0,01—0,03; W — 3—6; Ti — 1,5—4; Cr — 15—22; Ni — остальное. (Наплавка упрочняется в процессе работы за счет выделения интерметаллидных и боридных фаз.)

25. C — 1—1,5; Ni-Mg — 2—3; FeV — 1—2; FeMn — 0,8—1; FeMo — 2—3; FeNb — 2—3; FeSi — 0,5—1; FeTi — 1—1,5; FeCr — 8—13. (Пригодна для наплавки под слоем флюса. Пониженная склонность к горячим трещинам.)

26. C — 0,34—0,48; TiO_2 — 14,1—14,2; Fe — 2,9—3,4; $CaCO_3$ — 3,75—4,1; CaF_2 — 17,3—19; Cr— 47—48,5; FeMn —2,1—2,7; FeSi — 2,1—3; FeTi — 6,45—7,8. (Наплавка предназначена для службы в воде, воздухе, масле, нефти при температурах до 400° С. Высокая коррозионная устойчивость.)

27. Al—0,8—1,5; C—5,2—6,0; AlF_33NaF—0,8—1,2; Cu—6—8; FeMn—0,3—0,8; FeMo — 0,8—1,0; FeSi — 2,5—3,5. (Повышенное качество шва.)

28. Fe — 5—25; $CaCO_3$ — 0,5—3; CaF_2 — 1—5; FeMn — 0,2—2; FeMo — 0,2—2; FeCr — 0,5—4. (Износостойка при трении металл — металл.)

29. Al — 0,9—1,0; C — 0,5—1,5; Fe — 45—55; FeV — 1,5—2,5; FeMn — 4—5; FeMo — 2,5—3,5; FeSi — 1,2—2,5; FeCr — 20—40. (Повышенная ударная вязкость и износостойкость.)

30. Co — 11—14; Mo — 12—16; Ni — 6,5—9; FeNb — 2—4; FeTi — 1—2. (Повышение износостойкости наплавленного слоя при высоких удельных давлениях.)

31. AlMg — 0,3—0,6; $CaCO_3$ — 1—1,5; Ni — 1,8—2,5; CaF_2 — 4—6; рутил — 4—5; FeTi — 1,3—1,8; Cr — 1,8—2,5. (Высокая стойкость к кавитации и коррозии.)

32. Al — 10—12; Mo — 6—12; Ni — до 100; Ti — 0,5—0,7. (Наплавка стойка в хлоре, фторе, их соединениях до t=700° С.)

33. Al — 8,9—9,2; KCl — 0,28—0,65; Mn — 7,8—8,2; Cu — до 100 (оболочка); NaCl — 0,22—0,45; NaF — 0,38—0,45; Ni — 1,9—2,1.

34. Двуокись титана — 3,3—5,25; железный порошок (94—95%Fe; 0,12—0,18 C; 0,6—1 Mn; 0,55—1 Si) — 15—24; $CaCO_3$— 1,5—2,8; CaF_2 — 4—6,1; FeMn — 1,0—1,3.

35. B — 0,08—0,4; V — 0,08—0,4; Si — до 0,6; Cu — остальное (оболочка); Ni — 4—24; Sn — 16—40; Ce — до 1.

36. Al — 1,8—2,6; $CaCO_3$ — 1,9—2,8; Na_2SiF_6 — 0,2—0,8; лигатура BCrFe — 3—8; FeMn — 1,5—3,5; FeSi — 1,9—2,8; FeTi—1—3; FeCr — 15—24.

37. C — 4,8—5,1; W — 7—7,5; SiO_2 — 2—2,5; FeCr—15—17; FeSi — 1—1,5; FeTi — 3—4; FeV — 1—1,5; Al — 0,4—0,6; марганцевая руда — 0,8—1,2; $CaCO_3$— 0,7—0,9; CaF_2 — 1,4—1,7. (Повышенная стойкость наплавки абразивному износу при повышенных и обычных температурах. Твердость HRC=56—58.)

38. FeCr — 2—10; FeMn — 0,5—6; FeSi — 0,5—2,5; FeTi — 0,3—3; Al — 0,2—0,9; FeMo — 0,5 — 2; Cr—0,5—5; рутил — 4—6,5; $CaCO_3$—1—2,5; CaF_2—3,5—6,5; Na_2SiF_6—0,2—0,8. Дополнительно можно вводить Ni—0,8—1,5; Fe — 3—8; C — 0,1—0,6. (Повышенная вязкость наплавленного металла деталей, работающих в паре трения металл—металл.)

39. Al — 1,8—2,6; FeSi — 1,9—2,8; Na_2SiF_6 — 0,3—0,8; FeMn — 1,5—3,5; FeCr — 15—24; лигатура BCrFe — 3—8; FeTi — 1—3; $CaCO_3$ — 1,9—2,8. (Устойчива при абразивном или гидроабразивном износе при наличии слабых ударов. Твердость наплавки HRC=50—54.)

40. FeV — 0,8—1,2; C — 5—6; FeSi — 3,6—4,2; FeMn—0,3—0,5; FeTi—3,5—4,0; Al— 0,8—1,2; KNO_3 — 0,6—0,8. Можно вводить до 20% Fe (порошок). (Повышенная степень графитизации наплавки.)

41. $CaCO_3$ — 1—1,1; B_4C — 17—20,9. (Повышенная термоабразивная стойкость.)

42. $CaCO_3$ — 2,17—2,3; CaF_2 — 4,9—5,2; TiO_2 — 4,4—4,7; FeMn и Fe по 18,4—19,7. Железный порошок, природно-легированный, полученный восстановлением окалины проката стали 15ХСНД, имеет состав: Fe —94—95; Mn — 0,45—0,75; Ni — 0,4—0,7; Cr — 0,5—0,8; Si — 0,6—0,9; Cu — 0,3—0,45; C — 0,15—0,2. (Повышенное качество шва при сварке малоуглеродистых и низколегированных сталей при снижении легирующих добавок в шихте.)

43. V_2O_5 — 0,2—5,0; Ca-Si — 0,3—0,8; силикат-глыба (K, Na) — 1—1,7; карбонаты — 14—25; CaF_2 — 25—65; FeMn — 3—4; Fe — 14,5—36; Al — 1—6; ZrO_2 — 0,5—2,0. (Повышенная ударная вязкость и сплошность металла шва; возможность сварки в вертикальном положении.)

44. Si — 2,5—2,8; B — 2,6—2,8; Cu — 4—5; Ni — до 100%. (Повышенная пластичность наплавленного металла.)

45. FeB — 0,2—0,4; C — 6—7; FeSi — 3,2—4,2; FeMn — 0,3—0,5; Al — 0,8—1,5; KNO_3 — 0,5—0,7. Можно вводить Fe (порошок) до 25%. (Повышенная степень графитизации и качества наплавленного металла.)

46. Al — 1,8—2,2; Si — 0,4—0,6; $CaCO_3$—1,7—2,4; CaF_2—5—6,8; рутил — 4,8—6,4; FeMn — 0,9—1,2; Fe — 16—21; Fe — Ti — 1,4—2; стальная оболочка — до 100%. Соотношение Ti : Al=1 : 4. (Повышенная стойкость к образованию пор. Пластические свойства.)

47. Полевой шпат — 1—5; Cr — 38—55; CaF_2 — 4—12; TiO_2 — 4—12; FeMn — 10—20; FeSi — 1—3; FeTi — 2—10. Можно вводить

Fe (порошок) — до 25%. (Повышенное качество металла.)

48. $CaCO_3$ — 6—8; CaF_2 — 13—17; рутил — 12—16; FeMn — 5—12; FeCr — 2,4—2,8; FeTi — 14—26; Fe — до 100%. (Устранение местных поверхностных дефектов деталей из средне- и высокоуглеродистых сталей).

49. FeV — 5—7; Al — 0,9—1; BN — 4—6; FeCr — 40—42; FeTi — 2—3; FeSi — 0,2—0,25; стальная оболочка — до 100%. (Повышенная твердость наплавленного металла.)

50. Рутил — 8—12; гематит — 4—6; силикокальций — 0,2—0,3; силикат-глыба (K, Na) — 1—1,3; карбонаты — 10—23; CaF_2 — 30—50; FeMn — 2—3; Al — 1—6; Fe — 20—22; ZrO_2 — 0,5—2; силлиманит — 1—3. (Повышенная ударная вязкость и сплошность наплавленного металла.)

51. FeMo — 5,5—7,5; FeV — 1,5—2,5; FeCr — 5,6—6,5; FeTi — 2—2,4; FeMn — 0,4—0,6; Na_2SiF_6 — 3—4,5; Fe (порошок) — до 100%. (Повышенная стойкость к ударным нагрузкам при 600—650° С.)

52. FeMn — 4,5; FeSi — 1,5—3,0; CaF_2 — 22—26; NaF — 3—6; $MgCO_3$ — 20—25; Fe (порошок) — до 100%. (Повышенное поверхностное натяжение жидкого металла: получение шлака заданных свойств.)

53. C — 0,2—0,5; Mn — 4—6; Mn (N) — 5—10; FeV — 2—6; Mo — 2—4; FeTi — 4—9; Al — 2—6; FeSi — 0,5—2,0; Fe — 3—7; стальная оболочка — до 100%. (Повышенная износостойкость в условиях ударно-абразивного износа, контактно-ударного нагружения и удара с трением.)

54. Ni — 4—5; Mn — 1—1,5; карбиды вольфрама — до 100%. (Повышенное качество наплавки.)

55. C — 1—2; Mo — 3—5; FeV — 3—6; Cr — 2—6; FeNb — 1,5—4; FeTi — 1—2; Al — 2—4; FeSi — 1—3; Fe — 6—12; стальная оболочка — до 100%.

56. Cr — 40—51; Ni — 7,5—15; FeMn — 4—4,5; CaF_2 — 8—10; Fe (порошок) — до 100%. Можно также вводить FeSi — до 3; Na_2SiF_6 — до 2. (Повышенная кавитационная и коррозионная стойкость.)

57. CaF_2 — 35—38; LaF_3 — 18—20; Zr — 9—18; MgF_2 — до 100%. Отношение MgF_2:CaF_2 следует поддерживать в пределах 1,07—1,14. Оболочка — титан. (Сниженная пористость металла шва.)

58. Ni — 0,1—0,5; Cr — 3—5; Mo — 1—3; Mn — 4—7; FeSi — 1—2; $TiCrB_2$ — 0,02—0,05; $CaCO_3$ — 5—12; CaF_2 — 12—18; рутил—10—17; FeTi — 2—5; Fe (порошок) — до 100%. (Повышенная прочность наплавки при нормальных и отрицательных температурах.)

59. FeCr — 25—30; Mn (в FeMn) — 1,2—1,8; Na_2SiF_6 — 0,5—1,0; SiC — 4—6; B_4C —1,5—2,2; FeTi—1,2—2,0; графит —1,6—2,0; стальная оболочка — до 100%. (Повышенная твердость наплавленного металла.)

60. Mn — 9—14; FeTi — 0,4—3,0; Cr — 17—27; графит — 0,5—2,0. Лента стальная — до 100%. (Стойкость к высоким ударным нагрузкам.)

61. Ni — 57—72; графит — 0,5—1,0; FeMn —3,5—6,5; FeSi—0,5—1,5; CaF_2 —11,5—12,5; Fe (порошок) — до 100%. (Повышенная коррозионная и эрозионная стойкость наплавки.)

62. C — 3—5; Fe — 8—15; B_4C — 3—4; NiO — 4—6; Si Ca — 0,5—0,6; FeMn — 1—1,5; FeTi — 10—15. (Повышенная износостойкость при трении о металл при повышенных температурах.)

Таблица 8.3

НАЗНАЧЕНИЕ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК СОСТАВОВ (1)—(61)

Преимущественное назначение	№ состава	
	Проволока	Шихта
Механизированная наплавка	3, 6	4, 8, 20, 56
Наплавка поверхностей для повышения их стойкости к:		
абразивному износу	37, 39	
абразивно-ударному износу	1, 29, 43, 53, 60	
динамическим и вибрационным нагрузкам	25	4
износу при трении	25, 28, 29, 34, 36, 37, 38, 39, 41, 55, 62	5, 8, 20, 56
износу при повышенной температуре	15, 41, 62	
износу при высоких удельных давлениях	30	
коррозии в Cl и F при 700°C	32	
коррозии и кавитации	31	
коррозии и износу	2, 6, 26, 31, 61	
повышенным температурам	15, 36, 37, 41	51, 52
Ударным нагрузкам:		50, 51
при низких температурах		9
при повышенных температурах		52
Наплавка для повышения твердости поверхности	21, 49, 59	20, 51, 54, 58
Наплавка штампов и прессового инструмента	16, 21, 24	7
Сварка:		
аустенитным швом		47
бронз	33, 35	
малоуглеродистой и низколегированной стали	10, 14, 23, 42, 46	22
полуавтоматическая и автоматическая	23	11, 22
вертикальных и потолочных швов	10	
для заделки дефектов		48
никеля и его сплавов	17	
сплавов титана	57	
чугуна (без подогрева)	12	
чугуна (с подогревом)	1, 13, 18, 19, 27, 40, 44, 45	

3. ЭЛЕКТРОДЫ И ШИХТЫ ДЛЯ НАПЛАВКИ

Изменение или восстановление свойств поверхности металлических деталей или изделий путем наплавки на них сплавов различного состава может производиться кроме порошковой проволоки сплошными металлическими электродами (наплавочными), металлокерамическими электродами или присадочными прутками (лентой, брикетами), а также при помощи шихт — порошкообразных смесей, либо брикетов из

них, превращаемых в металлический расплав теплом электрической дуги.

Ниже приводятся составы некоторых электродов (Э) и шихт (Ш), применяемых на практике. В табл. 8.4 указаны основные назначения наплавок, выполняемых с помощью этих электродов и шихт.

1. Стержень: хромистая сталь типа Х13. Покрытие: $CaCO_3$ — 41—43; CaF_2 — 27—29; FeMn — 4—6; FeSi — 2—4; FeCr — 12—15; FeTi — 6—8; Se — 0,5—2,5.

2. Стержень: кобальтовый стеллит. Покрытие: $CaCO_3$ — 46—48; CaF_2 — 30—32; C — 9—11; Al — 10—12; Se — 0,8—2,0; Te — 0,8—1,5.

3. Стержень: легированная проволока (типа Св08Х16Н25М6). Покрытие: $CaCO_3$—15—30; CaF_2 — 8—30; TiO_2 — 3—10; Cr — 5—15; FeSi 45%-ный — 20—40; FeNb — 1—5; FeMn — до 18; жидкое стекло (сверх 100%) — 18—30. Состав наплавленного металла: C < 0,2; Mn — 1—5; Si — 4—7; Cr — 15—20; Ni — 16—25; Mo — 5—11; Nb — 0,2—1,2. (Стойкость против скалывания при механической обработке.)

	4	5
Co	35—40	28—32
FeMo	35—40	28—32
Fe	20—30	35—45
FeSi	0—2	0—1,5

Состав (4) — для однослойной, (5) — для многослойной наплавки. Порошки смешиваются, прокатываются вхолодную, спекаются, затем снова прокатываются в ленту с $\sigma_{изг}$=40 кгс/мм². После старения при 600° С 1 ч получает твердость HRC=67—69

	6	7	8	9
C	5—5,5	5,5—6	0,01—5	2—2,5
Si	2—2,6	1,5—1,8	0,7—1,4	—
Mn	До 1,5	0,5—0,7	—	—
Cr	38—44	35—40	40—44	5—10
B	—	0,8—0,85	0,7—8,5	—
Ti	—	0,5—1,1	—	
W	—	—	—	21—25
Co	—	—	—	4—8
V	—	—	—	0,8—2,0
Fe	—	Остальное		

Шихта (6) — для наплавки ТВЧ. Повышенная износостойкость и улучшенные технологические свойства; (7) — износостойкость при абразивном износе с умеренными ударными нагрузками; (8) — для работы в условиях абразивного износа и коррозионно-агрессивных сред. Изготовляется в форме сфероидизированного порошка оплавлением сухой смеси при 1350° С в свободном падении; (9) — для износостойких наплавок. Применяется в форме брикетов на органических связующих, при контактной сварке или наплавке.

10. B — 0,04—0,3; FeCr — 35—70; Mn — 2,6—9,8; C — 0,15—0,8; Si — 0,1—0,5; Ni — 0,8—2,8; B_2O_3 — 8—10; $Na_2B_4O_7$ — 4—5; Cu — 0,3—2,8; SiCa — 1—2,5; CaF_2 — 0,5—1,5; Fe — до 100%. (Повышенная сопротивляемость динамическим нагрузкам).

11. FeCr — 76—80. FeMo — 4—6; FeMn — 1,2—2; FeSi — 1—2; CaF_2 — 3—5; FeNb — 1,5—2; C — 8,5—9,5. (Стойкость к абразивному износу).

12. Сормайт — 75—76; флюс — 11—13; электрокорунд — 12—13. (Сниженная хрупкость).

13. ТВЧ. Сормайт № 1 — 79; борный ангидрид — 12; обезвоженная бура — 5,5; крепитель ПТ — 3,5.

Стержень: C — 0,1; Si — 7,5—8,5; Mn — 1—2; Cr — 19—22; Ni — 16—18; Fe — до 100%.

	14	15
$CaCO_3$	28	24
CaF_2	19	14
TiO_2	4	4
FeSi	32	44
Ni	17	14
Жидкое стекло (сверх 100%)	25—30	25—30

Состав (14)—при употреблении 75%-ного ферросилиция; (15) — 45%-ного ферросилиция. Отношение веса покрытия к весу стержня 57—59% при 75%-ном FeSi и 72—74% — при 45%-ном FeSi. (Стойкость к эрозии, задиру, межкристаллитной коррозии.)

16. $CaCO_3$ — 34—46; CaF_2 — 13—18; FeSi — 2—4; FeTi — 9—11; релит — 2—5; FeCr — 10—12; FeV — 3—5; Mo — 8—12; Al — 1—2; C — 1—2.

Применяется на любом стержне. (Теплостойкость и износостойкость.)

		А	Б
17.	C	0,5—0,8	0,1—0,2
	Ni	0,4—1,2	—
	FeV	—	1,2—1,8
	FeW	—	5—7
	FeMn	0,7—1,0	0,3—0,6
	FeMo	0,9—1,4	—
	FeSi	0,4—0,8	0,7—1,0
	FeCr	5—7	6—12
	Fe	До 100%	До 100%

(Повышенная твердость и износостойкость.)

18. C — 2—4; $CaCO_3$ — 18—22; CaF_2 — 14—18; FeB — 2—2,7; FeW — 25—32,5; FeV — 12—16; FeMo — 3—4; FeCr — 10—13; FeTi — 2—5. Отношение ферромолибдена к ферробоpалу — 1,5.

19. Fe — до 100; Si — 2—2,6; Mn — до 1,5; C — 5—5,5; Cr — 38—44; Ni — 1—1,8. (Повышенная износостойкость и улучшенные технологические свойства.)

20. Fe — до 100%. B — 0,8—0,85; Si — 1,5—1,8; Mn — 0,5—0,7; C — 5,5—6; Cr — 35—40; Ti — 0,5—1,1. (Износостойкость при абразивном износе с умеренными ударными нагрузками.)

21. B — 0,7—8,5; Si — 0,7—1,4; C — 0,01—5; Cr — 30—44; Fe—до 100. (Для работы в условиях абразивного износа и коррозионно-активных сред.)

22. C — 2—2,5; Cr — 5—10; W — 21—25; Co — 4—8; V — 0,8—20; Fe — до 100%.

23. Al — 0,1—0,7; B — 0,4—1,3; Fe — 1,0—3,0; Si — 4,0—7,5; C — 0,2—0,8; Cr — 18—27; Ce — 0,01—0,12; Ni — до 100%. (Стойкость к задиранию, коррозии, эрозии).

24. B — 2—5; V — 1,5—2; W — 18—22; Fe — 3—8; Co — 10—20; Si — 2—5; Mo — 4—5; C — 0,1—0,3; Cr — 4—5; Ni — до 100%. (Повышенная износостойкость, хорошая смачиваемость при пайке. Повышенная теплостойкость.)

25. V — 0,7—1,2; Si — 2—5; Mn — 1,0—1,5; Mo — 0,8—1,0; Nb — 0,3—0,5; Ti — 0,3—0,5; C — 3,5—3,8; Cr — 26—30; Fe — до 100%.

26. TiB_2 — 0,5—20; Ni — до 10; B_4C — до 100%. (Повышенная пластичность и устойчивость к абразивному износу при ударных нагрузках.)

27. Шихта для индукционной наплавки. Борный ангидрид — 3,1—3,7; бура обезвоженная — 1,7—2,0; литий углекислый — 1—1,2; силикокальций — 0,5—0,6; твердый сплав — 87—89; флюс плавленый высококремнемарганцовистый — 4,7—5,5. (Повышенная скорость всплытия неметаллических включений).

28. Si — 0,8—2,5; B — 1—1,8; C — до 0,3; Fe — до 1; Cu — до 7; Ni — до 100%. Сумма Si+B=2,6—3,8; Si/B=0,5—2,5. (Твердость наплавки близка к твердости серого чугуна).

29. C — 0,2—0,4; Mn — 6—8; V — 0,3—2,0; Mo — 0,3—2,0; N_2 — 0,1—0,5; Ti — 0,1—0,5; Si — 0,1—2,0; Al — 0,1—0,5; Fe — до 100%. (Повышенная ударно-абразивная и контактно-ударная прочность).

30. Cr — 24—26; C — 1—2; Al — 3—6; Ti — 1—2; V — 0,8—1,5; Fe — до 0,4; B — до 0,008; Ni — до 100%. (Повышенная износостойкость к истиранию при высоких температурах).

31. Fe — до 0,4; B — до 0,008; Cr — 24—36; C — 1—2; Al — 4—8; Ti — 1,5—3; Ni — до 100%. (Улучшенные технологические свойства).

32. C — 3—3,2; Cr — 30—32; Mn — 0,5—0,7; Si — 1—1,5; Fe — до 100%. (Повышенная стойкость к ударно-абразивному износу).

33. FeCr (углеродистый) — 17—60; Mn — 0,5—8,5; C — 1,5—3,2; Si — 0,5—4,0; Ni — 0,35—6,1; B — 1,0—3,0; W — 1,0—2,5; V — 0,4—0,8; борный флюс — 12—15; Fe — до 100%. (Повышенная износостойкость наплавки и сниженная температура плавления шихты).

34. C < 0,1; Si — 0,4—0,6; Mn — 0,4—0,6; Cr — 32—36; Ni — 7,5—8,3; Mo — 2,2—2,8; N_2 — 0,35—0,55; Fe — до 100%. (Повышенная стойкость в среде высокой агрессивности).

35. C — 0,6—0,7; Si — 0,4—0,8; Mn — 0,6—1,0; Cr — 12—14; Mo — 0,5—0,9; W — 0,5—7,5; V — 0,4—0,6; Fe — до 100. (Повышенное качество наплавленного металла).

36. Ni — 3—4; Mo — 0,5—1,0; Cr — 0,5—1,0; Al — 9—11; Cu — до 100%. (Повышенная коррозионная стойкость в щелочной среде и в парах скипидара).

37. C — 1,6—2,0; Si — 0,1—1,2; B — 0,01—0,2; Sb — 0,01—0,2; Cr — 25—32; Ni — 0,1—2,0; W — 7—11; Fe — 0,1—3,0; Mn — 0,1—1,2; Co — до 100%. (Повышенная твердость и износостойкость и сниженная температура наплавки).

38. C < 0,1; Si — 2—4; Mn — 0,5—1,5; Cr — 27—33; Ni — 5—8; N_2 — 0,15—0,4; V — 2—4; Fe — до 100%. (Повышенная твердость и износостойкость.)

39. C — 3,7—4,2; Cr — 10—12; Si — 5—6; Mn — 5—6; Fe — до 100%. (Повышенная стойкость к абразивному безударному изнашиванию).

40. Твердый сплав типа „Сормайт" — 51—81; карбиды вольфрама — 7—30; кобальт — 1—6; флюс на основе борсодержащих компонентов — 10—15. (Сниженная хрупкость наплавленного металла).

41. $CaCO_3$ — 40—60; CaF_2 — 21—24; FeMn — 7—10; FeSi — 7—10; Al — 1—2,5; SiO_2 — 5—10; $AlF_3 \cdot 3NaF$ — 2—6; Na_2CO_3 — 0,2—2,2; Zr — 1—8. (Повышенная плотность наплавленного металла, улучшение сварочно-технологических свойств.)

Таблица 8.4

ОСНОВНЫЕ НАЗНАЧЕНИЯ НАПЛАВКИ ЭЛЕКТРОДАМИ (Э) И НАПЛАВОЧНЫМИ ШИХТАМИ (Ш)

Основные назначения	№ составов	
	Э	Ш
Наплавка поверхностей деталей для повышения устойчивости к:		
абразивному и фрикционному изнашиванию без ударных нагрузок	4, 5, 17, 34, 35, 37, 38, 39	9, 18, 33
абразивному изнашиванию с умеренными ударными нагрузками		7, 11, 12, 20
абразивно-ударному износу	25, 29, 32, 42	10, 26, 40
абразивному изнашиванию в коррозионно-агрессивной среде	14, 15	8, 21, 22, 23
изнашиванию в условиях нагрева до высоких температур	14, 15, 3, 30	
коррозионному действию среды	14, 15, 34, 36	
нагреву до высоких температур	3, 14, 15	16
Наплавка металлорежущего инструмента	24	
Наплавка штампов		16
Наплавка бронзой	41	
Наплавка хромистой сталью	1	
Наплавка никеля	31	
Наплавка чугуна	28	
„ стеллитом	2	
Наплавка с нагревом ТВЧ		6, 13, 19, 27
Повышение твердости поверхности	2, 4, 5, 9, 37, 38, 39	16, 18
Повышение износостойкости при наплавке ТВЧ		6, 13, 19, 27
Повышение износостойкости при контактной наплавке		9

42. FeMn — 6—7; CaF_2 — 6—8; графит — 2—2,2; FeTi — 8—10; SiMn — 4—5; Na_2CO_3 — 0,5—0,8; FeCr — до 100%. Стержень — сталь. (Повышенная стойкость к ударно-абразивному износу).

4. ФЛЮСЫ И ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПОКРЫТИЯ

В известной мере особую группу технологических материалов составляют разнообразные по природе и свойствам материалы, используемые в качестве защитных, легирующих и шлакообразующих (флюсующих) в сварочной технике и технике пайки. Основным назначением этих материалов является: 1) защита расплавленного металла от соприкосновения с атмосферным воздухом, предотвращение окисления и насыщения металла газами; 2) введение в состав металла сварочной ванны различных добавок (легирующих элементов); 3) удаление в виде шлака вредных примесей (серы, фосфора) из расплавленного металла; 4) улучшение смачивания припоем соединяемых пайкой поверхностей.

4.1. ФЛЮСЫ ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ

Сварочными флюсами называются измельченные в порошок смеси или сплавы различных минеральных веществ (преимущественно окислов металлов), применяемые при автоматической или полуавтоматической электродуговой сварке для защиты расплавляемого металла от кислорода и азота воздуха; для снижения потерь тепла дуги; для замедления затвердевания расплавленного металла с целью облегчения выхода из него газов; для повышения устойчивости горения дуги и еще для ряда других целей, среди которых — легирование металла шва элементами, содержащимися в составе флюса.

В общем виде флюсы можно рассматривать как разновидность электродного покрытия, но отделенного от сварочной проволоки и совмещающегося с ней лишь в процессе сварки. Такой подход, несмотря на некоторую условность, облегчает понимание механизма действия флюса и подбор рациональных составов флюсов.

Исходными материалами для приготовления флюсов служат в основном те же вещества, которые используются в производстве электродных обмазок.

В зависимости от химического состава флюсы разделяют на кислые, основные и нейтральные. По характеру взаимодействия с наплавляемым металлом — на пассивные и активные. В зависимости от способа изготовления различают флюсы плавленые и неплавленые (керамические).

Плавленые флюсы, получаемые расплавлением смеси компонентов (шихты) и дроблением охлажденного расплава, предпочтительны, так как не содержат гидратных или карбонатных соединений, разлагающихся при плавлении, и не выделяют газов при нахождении в зоне дуги, а также более однородны по химическому составу.

Керамические флюсы, готовящиеся так же, как сухая шихта электродных обмазок, и флюсы из измельченных природных минералов перед использованием прокаливают для обезвоживания.

Подбор составов и вида флюсов для тех или иных условий применения осуществляется на основе достаточно изученных теоретических положений, однако в силу ряда обстоятельств существует и применяется весьма большое число флюсов, составы которых в значительной мере подобраны эмпирическим путем.

Ниже приводятся составы различных флюсов для сварки и наплавки различных черных металлов и сплавов.

Составы керамических сварочных флюсов (% вес.). Сварка малоуглеродистых сталей. 1. SiO_2 — 14—16; TiO_2 — 18—25; FeO — 17—25; Al_2O_3 — 3,5—5; Na_2O — 2,5—3,5; CaF_2 — 9,2—9,9; Mn — 11—13; Si — 11—12; Fe — 4—7.

2. SiO_2 — 14,3—16,3; TiO_2 — 21—30; FeO — 20—29; Al_2O_3 — 3,5—5; Na_2O — 2,2—3,0; CaF_2 — 9,2—9,9; Mn — 11—13; Si — 5,7—6,3; Fe — 2,4—5.

3. SiO_2 — 8,0—10,0; Na_2O — 1,5—2,0; $CaCO_3$ — 42—46; CaF_2 — 11—12; Mn — 2,5—2,8; Si — 1,7—1,9; Ti — 0,8—1,0; Al — 1,6—1,9; Fe — 6—8; MgO — 17—19.

4. SiO_2 — 25,4—32,9; Na_2O — 1,0—2,2; CaF_2 — 9,2—9,9; Si — 7,2—7,8; Fe — 2,2—2,8; MnO_2 — 48—54.

5. Гематит — 10—30; $CaCO_3$ — 5—20; нефелин — 10—20; рутил — 10—30; FeMn — 10—20; FeSi — 3—10; FeTi — 1—10; целлюлоза — 2—5. (Прочноплотные швы, улучшенная отделяемость шлака из глубоких разделок.)

6. SiO_2 — 75—80; TiO_2 — 2—5; жидкое стекло — до 100%. (Повышенное качество шва.)

7. Доломит — 30—50; $3NaF \cdot AlF_3$ — 8—15; марганцевая руда — 1,6—6,0; рутил — 20—35; FeMn — 2—8; FeMo — 2—10; FeSi — 1—3; FeTi — 3—10. (Повышенная пластичность и вязкость шва при отрицательных температурах.)

8. Алюминий (порошок) — 2—5; гематит — 10—12; глинозем — 14—20; магнезит — 22—20; марганцевая руда — 2—5; мрамор — 3—8; плавиковый шпат — 20—30; полевой шпат — 3—8; рутил — 3—9; ферромарганец — 0,2—2; ферросилиций — 0,2—2; ферротитан — 0,2—2,5. (Повышение механических свойств при сварке высокопрочных термообрабатываемых сталей).

Сварка легированных сталей. 9. SiO_2 — 4—5,5; TiO_2 — 14,5—15; Na_2O — 1,5—1,9; $CaCO_3$ — 47—51; CaF_2 — 18,4—19,8; Mn — 1,1—1,3; Si — 2,3—2,7; Ti — 1,7—1,2; Al — 0,1—0,3; Fe — 5,7—7,7; Cr — 1,3—1,8; V — 0,17—0,27.

10. SiO_2 — 4—5,5; TiO_2 — 14,5—15; Na_2O — 1,5—1,9; $CaCO_3$ — 48—52; CaF_2 — 18,4—19,8; Mn — 3,6—4,3; Si — 1,5—1,7; Ti — 1,0—1,2; Al — 0,1—0,3; Fe — 5,0—6,3.

11. SiO_2 — 4—4,5; TiO_2 — 14,5—15; Na_2O — 1,5—1,9; $CaCO_3$ — 54—58; CaF_2 —

18,4—19,8; Mn — 1,3—1,6; Si — 3,2—3,5; Ti — 1,0—1,2; Al 0,1—0,3; Fe — 5,0—7,0; Cr — 1,3—1,7; Ni — 1,5—1,6

12. SiO_2 — 4—5,5; TiO_2 — 14,5—1,5; Na_2O — 1,5—1,9; $CaCO_3$ — 49—58,8; CaF_2 — 18,4—19,8; Mn — 0,6—0,8; Si — 0,8—1,1; Al — 0,1—0,4; Fe — 4,7—5,3; Ni — 3,8—4,0.

13. SiO_2 — 4—6; TiO_2 — 14,5—15; Al_2O_3 — 4,5—5; Na_2O — 1,5—2; $CaCO_3$ — 54—58; CaF_2 — 5—6; Si — 3,6—3,9; Fe — 1,1—1,4; MgO — 8,5—11. (S и P во всех флюсах — не более 0,1—0,15%.)

Составы (1) — (4) и (9) — (13) при промышленном выпуске соответствуют маркам: (1) — К-1; (2) — К-2; (3) — К-4; (4) — К-11; (9) — КС25ХГФ; (10) — КС12Г2А; (11) — КС30ХГСНА; (12) — КС12Н3; (13) — К-8.

14. Плавиковый шпат — 86—92; борный ангидрид — 8—12. При сварке аустенитной проволокой, не содержащей бора, он обеспечивает легирование металла шва бором в пределах 0,2—0,5%.

15. CaF_2 — 31—35; Al_2O_3 — 20—24; SiO_2 — 20—23; $MgCO_3$ — 13—16; (K_2O+ +Na_2O) — 0,5—0,8; $AlF_3 \cdot 3NaF$ — 6; MnO — 6—9.

Бескислородные флюсы. 16, *а*— SiO_2 — 5; CaF_2 — 92; *б*— SiO_2 — 2; CaF_2 — 75—85; NaF — 15—25.

17. CaF_2 — 60—85; NaF — 5—18; Al_2O_3 — 5—10; AlF_3 — 0—15; $BaCl_2$ — 0—5; BaF_2 — 0—5; SiO_2 — 0—10; CaO — 0—10; Na_2O — 0,5; K_2O — 0,5; KCl — 5—10.

18. Cr_2O_3 — 85—90; TiO_2 — 10—15. При сварке высоколегированных сталей: Cr_2O_3 — 10—20; TiO_2 — 80—90.

Составы керамических флюсов для наплавки штампов и металлорежущего инструмента.

19. $CaCO_3$ — 40—43; CaF_2 — 5—6; TiO_2 — 5—6; SiO_2 — 8—10; Na_2O — 1,5—1,7; Si — до 0,7; Cr — 16,5—18; Ti — 3,5—4; Al — 0,7—1,1; Fe — 14—19; C — 2,5—3.

20. $CaCO_3$ — 38—42; CaF_2 — 5—6; TiO_2 — 5—6; SiO_2 — 8,6—10; Na_2O — 1,5—1,7; Si — до 0,7; Cr — 16,5—18; Ti — 3,5—4; Al — 0,7—1,1; Fe — 14—19; C — 2—2,4; Mo — 0,8—1,4.

21. $CaCO_3$ — 31,5—33,5; CaF_2 — 8—10; TiO_2 — 8—9; SiO_2 — 4—5,5; Na_2O — 1,4—1,6; Si — до 0,7; Cr — 4,9—6,2; Ti — 0,7—1,0; Al — 0,6—0,9; Fe — 17—20; C — 1,5—1,8; Be — 0,4; V — 4—5,5; W — 13,5—15.

22. $CaCO_3$ — 40—43; CaF_2 — 8—9,5; TiO_2 — 13,5—14,5; SiO_2 — 3—5; Na_2O — 1,5—2,0; Si — 2—2,5; Cr — 3—3,6; Ti — 1—1,5; Al — 0,2—0,3; Fe — 10—14; C — 0,4—0,55; Mn — 0,7—1,0; V — 0,4—0,7; W — 10—12.

23. $CaCO_3$ — 37—40; CaF_2 — 8—10; SiO_2 — 8,6—10; Na_2O — 1,5—1,7; Si — до 2,4; Cr — 17—18,5; Fe — 7—10; C — 2—2,3; MgO — 12—14; Be — 2,8—3,0. (S и P во всех составах — до 0,1%).

Составы (1) — (5) при промышленном выпуске соответствуют маркам: (1) — КСХ12Т; (2) — КСХ12М; (3) — КСР9Р; (4) — КС3Х2В8; (5) — КСХ14Р.

24. C — до 2,5; FeTi — 0,8—1,5; FeCr — 2,5—3; высококремнистый марганцовистый плавленый флюс — до 100%.

25. Мартеновский шлак — 5—50; плавленый флюс — до 100%. Состав плавленого флюса: B_2O_3 — 59,4; $Na_2B_4O_7$ — 30,7; SiCa — 9,9. Состав мартеновского шлака: SiO_2 — 15,8—19,5; FeO — 5,5—12; MnO — 4,3—5,7; CaO — 4,26—50,2; MgO — 8,09—17,6; Al_2O_3 — 4,05—9,96; Cr_2O_3 — 0,3—2,5; P_2O_5 — 0,5—0,9. (Хорошее самопроизвольное шлакоотделение).

26. H_3BO_3 — 50—55; Na_2SiO_3 — 14—20; SiCa — 11—18; $ZrSiO_4$ — 12—20. (Повышенная износостойкость).

27. C — 2—2,2; высококремнистый плавленый флюс — до 100%; FeMo — 2,7—3; FeCr — 2,4—2,5.

Состав высококремнистого флюса: SiO_2 — 44—44; MnO — 34—38; CaF_2 — 4—55; MgO — 5—7,5; Mn_2O_3 — 0,1—0,3; CaO — до 6,5; Al_2O_3 — до 45; Fe_2O_3 — до 2.

28. TiO_2 — 9—11; Al_2O_3 — до 100; SiO_2 — 9—11; $MgCO_3$ — 14—16; CaF_2 — 23—27; FeMo — 6—10.

29. H_3BO_3 — до 100; Na_2CO_3 — 10—23; $KZrF_4$ — 3—10. (Повышенная активность.)

Составы керамических флюсов для сварки и наплавки.

30. Al — 1—2; Al_2O_3 — 15—25; $MgCO_3$ — 25—32; $CaCO_3$ — 5—10; CaF_2 — 26—30; FeMn — 2—3; FeTi — 0,5—1,5.

31. Al — 0,5—3; волластонит — 10—40; гематит — 1—3; глинозем — 6—20; магнезит — 30—50; марганцевая руда — 2—8; мрамор — 5—12; плавиковый шпат — 1—20; ферромарганец — 0,2—5; ферросилиций — 0,2—5; ферротитан — 0,2—5. (Повышенная пластичность шва при отрицательных температурах.)

32. Гематит — 1—3; глинозем — 8—12; кварц — 3—5; магнезит — 32—38; марганцевая руда — 1—4; мрамор — 20—24; перовскит — 12—18; плавиковый шпат — 12—16; ферроалюминий — 0,5—0,8; ферротитан — 0,2—0,5.

33. Fe — 18—22; SiO_2 — 7—9; $CaCO_3$ — 34—38; CaF_2 — 20—24; FeMn — 4—5; FeSi — 5—7; FeTi — 7—9; жидкое стекло (сверх 100%) — 15.

34. Al_2O_3 — 15; $MgCO_3$ — 14; $CaCO_3$ — 15; CaF_2 — 30; FeSi — 2; Cr_2O_3 — 10; Ti — 4; Cr — 10; жидкое стекло (сверх 100%) — 20.

35. Al — 1—2; Al_2O_3 — 15—25; $MgCO_3$ — 25—32; $CaCO_3$ — 5—10; CaF_2 — 26—30; полевой шпат — 3—8; FeMn — 2—3; FeTi — 0,5—1,5; FeCr — 7—9; жидкое стекло (сверх 100%) — 17—22.

36. Al — 1,5 — 2,5; Al_2O_3 — 10 — 14; $MgCO_3$ — 20—25; $CaCO_3$ — 6—8; CaF_2 — 20—25; полевой шпат — 4—6; FeMn — 3—10; FeTi — 0,5—1,5; FeCr — 15—25.

37. Al_2O_3 — 53; SiC — 1; $MgCO_3$ — 5; CaF_2 — 37; FeMn — 3; FeTi — 1.

38. Al_2O_3 — 20—24; SiO_2 — 20—23; $3NaF \cdot AlF_3$ — до 6; $MgCO_3$ — 13—16; CaF_2 — 39—45; марганцевая руда — 6—9.

39. $CaCO_3$ — 4—6; CaF_2 — 4—6; FeMn — 6—8; шамот — 80—85; жидкое стекло (сверх 100%) — 15—20.

40. FeMn — 1—50; FeTi — 1—60; FeCr — до 100%. Предназначен для сварки совместно с порошковой проволокой, содержащей немагнитные компоненты. Весовое содержание подаваемых в зону дуги материалов $P_ш + P_ф / P_{об}$ — не менее 1,5.

($P_ф$ — вес магнитного флюса; $P_ш$ — вес шихты порошковой проволоки; $P_{об}$ — вес металлической оболочки).

41. FeTi — 0,8—1,5; FeCr — 2,5—3; высококремнистый марганцовистый плавленый флюс — до 100%. Можно вводить до 2,5% графита. (Наплавка высокой износостойкости и усталостной прочности).

42. SiO_2 — 17—22; CaF_2 — 35—46; TiO_2 — 18—30; MnO — 10—20; CaO — до 5. (Повышенная вязкость и пониженное содержание водорода в металле шва.)

43. FeV — 1,5—7,5; FeW — 2—7,5; FeSi — 6—13; FeMo — 5—15; FeTi — 3—10; плавленый флюс — до 100%. Можно вводить дополнительно: FeMn — до 3; Al — до 2; $CaCO_3$ — до 0,5. (Повышенное качество наплавки, улучшенная обрабатываемость режущим инструментом, повышение горячей твердости, стабилизация структуры наплавки.)

44. $MgCO_3$ — 21—23; FeMo — 1; Al_2O_3 — 30—35; SiO_2 — 8,5—8,9; CaF_2 — 20—20,8; FeTi — 0,6—1; FeMn — 3,5—4; FeCr — 3—3,5; Ni — до 100%. (Повышенная износостойкость при ударных нагрузках, трении о металл и низких температурах.)

45. FeCr — 12—36; SiCa — 2—3; Al — 2—3; SiO_2 — 16—19; Al_2O_3 — 17—20; CaF_2 — 15—18; $MgCO_3$ — 10—16. Можно дополнительно вводить С до 2% и B_4C — до 8%. (Повышенная стойкость наплавленного металла в условиях абразивного износа, улучшенное формирование металла и отделимость шлаковой корки.)

46. FeMn — 1,5—2,5; Fe (порошок) — 50—55; цирконовый концентрат — 0,1—1; плавленый флюс — до 100%. (Повышенная растекаемость и улучшение формы наплавленного металла).

Флюсы для газовой сварки серого чугуна. 47. $Na_2B_4O_7$.

48. $Na_2B_4O_7$ — 5; Na_2CO_3 — 22; K_2CO_3 — 22.

49. $Na_2B_4O_7$ — 50; $NaHCO_3$ — 47; SiO_2 — 3.

50. Na_2CO_3 — 50; $NaHCO_3$ — 50.

51. $Na_2B_4O_7$ — 23; Na_2CO_3 — 27; $NaNO_3$ — 50.

52. $Na_2B_4O_7$ — 18; Na_2CO_3 — 25; $NaNO_3$ — 56,5; Li_2CO_3 — 0,5.

Флюсы для электрошлаковой сварки. 53. SiO_2 — 38—36; Al_2O_3 — 11—15; MnO — 21—26; CaO — 4—7; MgO — 5—7; Fe_2O_3 — не более 1,5; CaF_2 — 13—19; S — не более 0,15; P — не более 0,15.

54. SiO_2 — 35—38; Al_2O_3 — до 5,5; MnO — 28—32; CaO — 4—8; MgO — до 1,0; (K_2O+Na_2O) — 3—4; Fe_2O_3 — не более 1,5; CaF_2 — 12—16; S — не более 0,15; P — не более 0,15.

55. SiO_2 — 18—21,5; Al_2O_3 — 19—23; MnO — 7—9; CaO — 12—15; MgO — 11,5—15; (K_2O+Na_2O) — 1,3—1,7; Fe_2O_3 — не более 1,0; CaF_2 — 20—24; S — не более 0,05; P — не более 0,05.

56. SiO_2 — 46—48; Al_2O_3 — до 3; MnO — 24—26; CaO — до 3; MgO — 16—18; (K_2O+Na_2O) — 0,6—0,8; Fe_2O_3 — не более 1,5; CaF_2 — 5—6; S — не более 0,15; P — не более 0,10.

57. SiO_2 — 6—9; CaO — 12—15; MgO — 2—4; CaF_2 — 33—40; S — не более 0,10.

58. SiO_2 — до 5; TiO_2 — 30—40; CaF_2 > 92; S — не более 0,10.

59. CaO — 20; CaF_2 — 80.

60. Al_2O_3 — 35; CaF_2 — 65;

61. $SiO_2 \leqslant 4,0$; Al_2O_3 — 20—27; MnO — 0,3; CaO — 16—23; MgO — 3,0; Fe_2O_3 — не более 1,5; CaF_2 — 45—60; S — не более 0,5; P — не более 0,04.

Составы (53) — (61) при промышленном выпуске соответствуют маркам: (53) — АН-8; (54) — АН-8М; (55) — АН-22; (56) — ФЦ-7; (57) — АН-25; (58) — АНФ-1; (59) — АНФ-7; (60) — АНФ-6; (61) — 48-ОФ-6.

62. LiF — 20—50; NaF — 30—60; CaF_2 — 10—40, а также его модернизация для работы при низких (10—20 В) напряжениях; CaF_2 — 65—70; NaF — 25—30; AlF_3 — 5—10. (Флюс отличается высокой жидкотекучестью и электропроводностью).

63. AlF_3 — 5—10; CaF_2 — 65—70; NaF — 25—30. Рекомендуется для работы при напряжениях 10—20 В и силе тока 10—15 кА.

	64	65
MgF_2	40—50	20—30
MgO	5—10	10—20
CaF_2	40—50	До 100%
NaF	5—10	—

Флюс (65) дает лучшее качество металла, особенно на переменном токе.

Таблица 8.5

НАЗНАЧЕНИЕ ФЛЮСОВ ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Основное назначение	№ состава
Автоматическая сварка:	
аустенитного биметалла	34
котельных сталей	15, 38
малоуглеродистой стали	5, 8, 30, 31, 39
низколегированной и малоуглеродистой стали	33
теплоустойчивой низколегированной стали	42
Автоматическая с намагничивающимся флюсом	33
Наплавка, повышающая стойкость поверхности к:	
абразивному износу	28, 37, 45
износу при трении	36, 40, 41, 43, 44, 45
удару и трению при низких температурах	44
Наплавка с намагничивающимся флюсом	40
Наплавка, повышающая твердость поверхности	24, 25, 26, 27, 28, 29, 35, 37
Наплавка твердого сплава	25, 26, 29
Наплавка штампов и металлорежущего инструмента	19, 20, 21, 22, 23
Сварка газовая серого чугуна	47, 48, 49, 50, 52
Сварка механизированная и ручная электродуговая:	
высокопрочной стали	32
высокоуглеродистой низколегированной стали	18, 32
легированной стали	9, 10, 11, 12, 13, 14, 16
малоуглеродистой стали	1, 2, 3, 4, 6, 7, 46
углеродистой стали	30, 31
Электрошлаковая сварка при низких напряжениях	14, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63
Электрошлаковая наплавка	62
» переплавка чугуна	64, 65, 66

66. MgO — 45—55; B_2O_3 — 45—55. (Наряду с рафинированием легирует чугун до 0,1% В.)

Флюсы для сварки и наплавки цветных металлов и сплавов (назначения см. табл. 8. 6.). **1.** $CaCO_3$ — 28; полевой шпат — 57,5; CaF_2 — 8,0; борный шлак — 3,5; древесный уголь — 2,2; Al — 0,8.

2. Борный шлак — 7,6; флюс ОСЦ-45 — 77; сода кальцинированная — 15,4.

3. Плавленый флюс для сварки и наплавки меди: SiO_2 — 16—22; Al_2O_3 — 25—35; MgO — 5—10; CaO — 5—15; CaF_2 — 20—25; $MnO < 0,5$; NaF — 5—15.

Таблица 8.6

НАЗНАЧЕНИЕ ФЛЮСОВ ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Свариваемые металлы и вид сварки	№ состава
Алюминий и алюминиевые сплавы:	
автоматическая дуговая сварка	31, 32, 33
газовая сварка	22, 23, 24, 25, 26, 27
дуговая сварка угольным электродом	28, 29, 30
электрошлаковая сварка	34
Бронза:	
электродуговая сварка	3
ручная электродуговая сварка угольным электродом	12, 13, 14
металлическим электродом	15, 16
Латунь:	
автоматическая сварка	1, 2
газовая сварка пропан-бутановым пламенем	9, 10, 11
Медь:	
автоматическая сварка	1, 2
газовая сварка пропан-бутановым пламенем	5, 6, 7, 8
электродуговая сварка и наплавка	3, 4
Никель	35
Титан и его сплавы	17, 18, 19, 20, 21

Исходные материалы: глинозем, кварцевый песок, магнезит, флюоритовый концентрат, фтористый натрий. Плавка в электропечи. Грануляция в воду. Применяется при наплавке и сварке бронзы электродными лентами.

4. Для снижения пористости при сварке меди под флюсом рекомендуется под слой флюса (на стык свариваемых изделий) насыпать порошок или крошку фторопласта в количестве 10—15% от веса расплавляемого при сварке флюса. Фтор, выделяющийся при разложении фторопласта, снижает концентрацию водорода в металле сварочной ванны.

5. $Na_2B_4O_7$ — 100%.

6. H_3BO_3 — 50; $Na_2B_4O_7$ — 50.

7. H_3BO_3 — 10—20; $Na_2B_4O_7$ — 60—70; NaCl — 20—30.

8. $Na_2B_4O_7$ — 50; SiO_2 — 15; древесный уголь — 20; NaH_2PO_4 — 15.

Кромки зачищают или травят азотной кислотой с промывкой в воде.

9. $Na_2B_4O_7$ — 100%.

10. $Na_2B_4O_7$ — 50; H_3BO_3 — 35; Na_3PO_4 — 15.

11. Метилборат — 75; метиловый спирт — 25.

Перед сваркой наносится на кромки листа и в небольшом количестве на обратную сторону шва. При сварке флюсом покрывают нагретый присадочный пруток. Варить при температуре не выше 1000° С.

12. Борный шлак — 75—80; жидкое стекло — 20—25.

13. Криолит — 80; фтористый натрий — 20.

14. Древесный уголь — 2—5; криолит — 35; хлористый калий — 50; хлористый натрий — 12,5.

15. Криолит — 85; фтористый натрий — 15.

16. Гранит — 16; криолит — 15; мрамор — 48; фтористый натрий — 21.

Флюсы для сварки титановых сплавов:

	17	18
CaF_2	77,5—79,5	85,5
NaF	1,5	1,5
$BaCl_2$	19,0—21,0	10,0

19. Шихта: Ti — 95—97; CaF_2 — 2,5—5. Связующее: смола БМК или акриловая — 80—100% от шихты.

20. MgF_2 — 70—98,5; TiO_2 — 1,5—30.

21. Шихта: H_3BO_3 — 50—60; KF — 40—35; CaF_2 — 10—5. Связующее — этилсиликат.

Флюсы для сварки алюминия и его сплавов.

Для газовой сварки применяются флюсы:

22. KCl — 79; NaCl — 16; $KHSO_4$ — 5.

23. KCl — 50; NaCl — 28; LiCl — 14; NaF — 8.

24. KCl — 50; LiCl — 32; NaF — 10; $ZnCl_2$ — 8.

25. KCl — 45; NaCl — 30; LiCl — 15; KF — 7; $KHSO_4$ — 3.

26. $BaCl_2$ — 48; KCl — 29; NaCl — 19; CaF_2 — 4.

27. KCl — 51; NaCl — 41; NaF — 8.

28. KCl — 50; NaCl — 20; $3NaF \cdot AlF_3$ — 30.

29. KCl — 50; KF — 50.

30. KCl — 79; NaCl — 16; $KHSO_4$ — 5.

31. KCl — 50; LiCl — 30; $3NaF \cdot AlF_3$ — 20.

32. $BaCl_2$ — 47; KCl — 47; Cr_2O_3 — 2; $KZrF_4$ — 2.

33. KCl — 38; NaCl — 15; $3NaF \cdot AlF_3$ — 44; SiO_2 — 3; 10%-ная КМЦ — 14—16%.

34. LiCl — 70—90; LiF — 10—30.

35. Al — 1—5; CaF_2 — 75—85; полевой шпат — 4—6; $BaCl_2$ — 8—18; NaF — 2—5.

4.2. ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПОКРЫТИЯ (ОБМАЗКИ)

Электродными покрытиями или обмазками называются наносимые на поверхность сварочных электродов и закрепляемые на ней составы (смеси), содержащие различные металлические и неметаллические вещества, предназначенные принимать в по-

следующем непосредственное участие в сварочном процессе, способствуя оптимизации его протекания и обеспечению заданных свойств сварного шва.

В процессе сварки они обеспечивают устойчивость горения дуги, создание необходимой газовой атмосферы в зоне сварки, образование шлака заданного состава, ввод легирующих компонентов в состав расплавленного металла и сварного шва, раскисление металла шва и ряд других свойств.

От состава электродного покрытия в определенной степени зависит степень проплавления основного металла, скорость плавления электрода, значение коэффициента наплавки, величины потерь металла на угар и разбрызгивание, вид образующегося шва и другие характеристики.

Состав электродного покрытия должен быть технологичным, легко наноситься на электрод, приобретать через заданное время необходимую механическую прочность, не изменяться при длительном хранении, в том числе в неблагоприятных условиях и т. д.

Одновременное удовлетворение всех требований, перечисленных выше, достаточно сложно и не всегда осуществимо. Этим обусловливается, в частности, существование большого числа различных рецептов покрытий, каждое из которых предназначено удовлетворять какому-либо требованию из указанных выше. Методы подбора состава покрытий и технология их изготовления подробно освещены в литературе. Здесь же приводятся рецепты некоторых составов электродных покрытий, преимущественно общего назначения, для сварки сталей различных классов и составов специализированных покрытий и покрытий электродов для сварки цветных металлов.

Во всех составах электродных покрытий связующим служат водные растворы натриевого жидкого стекла. При нанесении покрытий окунанием применяется раствор плотностью 1,34—1,36 г/см^3; содержание его — в пределах 45—50% к весу сухой шихты.

При нанесении покрытия опрессовкой концентрация жидкого стекла 1,50—1,52 г/см^3, а расход его — 26—32% от сухой массы. Для повышения пластичности покрытия и снижения расхода жидкого стекла применяется присадка натриевой соли карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) в количестве 1—2% от веса сухой шихты.

Покрытия электродов для сварки черных металлов и сплавов (% вес.). Сварка углеродистых и низколегированных сталей. **1.** Глина формовочная (или бентонит) — 1; двуокись титана — 37; крахмал — 9; ферромарганец — 10; шпат полевой — 13.

2. Глина формовочная (или бентонит) — 1; $CaCO_3$ — 53; SiO_2 — 9; силикат натрия (глыба) — 4; Na_2CO_3 — 1,6; FeMn — 2; FeSi — 3; FeTi — 14; CaF_2 — 18.

3. $CaCO_3$ — 53; Ni — 3; SiO_2 — 8; силикат натрия (глыба) — 2; Na_2CO_3 — 1,5; FeSi — 2,5; FeMn — 2; FeTi — 15; CaF_2 — 18.

4. Глина формовочная (или бентонит) — 2; TiO_2 — 5; Mn — 10; $CaCO_3$ — 37—40; Na_2CO_3 — 1; FeV — 6; FeMo — 1,5; FeSi — 3; Cr — 0,5; CaF_2 — 32—34,5.

5. Глина формовочная (или бентонит) — 1; $CaCO_3$ — 53; песок кварцевый или кварц — 9; силикат натрия (глыба) — 4; Na_2CO_3 — 1,6; FeMn — 2; FeMo — 2,5—3; FeSi — 3; FeTi — 10,5; FeCr — 2,5—3; CaF_2 — 18.

6. Гематит — 33; гранит — 32; крахмал — 5; ферромарганец — 30.

7. Двуокись титана — 22; доломит — 22; каолин — 6; крахмал — 4; ферромарганец — 6; ферросилиций — 5; шпат плавиковый — 18.

8. Глина формовочная (или бентонит) — 1; $CaCO_3$ — 57,5; силикат натрия (глыба) — 4; Na_2CO_3 — 1,6; FeMn — 2,5; FeSi — 4; FeTi — 2,5; CaF_2 — 33,5.

9. Глина формовочная (или бентонит) — 2; Mn — 3; $CaCO_3$ — 38; SiO_2 — 5; Na_2CO_3 — 1; FeSi — 1; CaF_2 — 27.

10. Глина формовочная (или бентонит) — 1; $CaCO_3$ — 53; SiO_2 — 9; силикат натрия (глыба) — 4; Na_2CO_3 — 1,6; FeMn — 2; FeTi — 10,5; CaF_2 — 18.

Составы (1) — (10) при промышленном выпуске соответствуют маркам: (1) — ОММ-5; (2) — УОНИ 13/45; (3) — Э-138/45Н; (4) — ЭА400/10У; (5) — УОНИ 13/45 МХ; (6) — ЦМ-7; (7) — УНД-1; (8) — УОНИ 13/НЖ; (9) — ЭМ-606/11; (10) — 48Н-3.

11. TiO_2 — 4,8—5,6; ДМФ — 0,5—1,0; Fe — 36—45; $CaCO_3$ — 30—34; FeMn — 2,5—3,1; FeSi — 6,8—8,0; FeTi — 5—6; CaF_2 — 8—9,2.

12. Al_2O_3 — 2—3; TiO_2 — 7,5—10,5; Fe — 53—60; $MgCO_3$ — 5—6,5; слюда — 4—10; FeMn — 3,5—10; FeSi — 2—4; CaF_2 — 7—9,5.

13. TiO_2 — 22—30; Fe — 22—40; $MgCO_3$ — 4—8; слюда — 6—12; FeMn — 1—10; целлюлоза — 22—30.

14. Глина формовочная (или бентонит) — 2; TiO_2 — 15; Fe — 47—49; $MgCO_3$ — 5—9; FeMn — 6—7; FeSi — 5—8; целлюлоза — 2; CaF_2 — 6—15.

15. TiO_2 — 15; $CaCO_3$ — 45; FeMn — 3 FeSi — 4; FeTi — 18; CaF_2 — 15.

16. Карбид тугоплавкого металла — 1—2; $CaCO_3$ — 40—50; SiO_2 — 6—8; FeMn — 5—10; FeSi — 2—5; FeTi — 15—20; CaF_2 — 10—16.

17. TiO_2 — 5—30; Mn — 1—5; Mo — 25—35; $CaCO_3$ — 30—50; CaF_2 — 5—20.

18. Гематит — 2—4; TiO_2 — 24—28; Mn (N) — 6—10; $CaCO_3$ — 8—10; Na_2CO_3 — 0,5—1,0; CaF_2 — 39—58; слюда — 2—3.

19. Bi — 0,5—1,0; TiO_2 — 4—6; Mn — 9—11; $CaCO_3$ — 37—39; Se — 0,8—2,0; Te — 1—2; FeV — 5—7; FeMo — 2—4; FeSi — 2—4; CaF_2 — 32—34.

20. $CaCO_3$ — 50—52; SiO_2 — 8—9; окислы редкоземельных металлов — 5—10; FeMn — 3—5; FeSi — 4—5; FeTi — 10—14; CaF_2 — 14—15.

21. ZrO_2 — 3—20; SiO_2 — 1—10; $CaCO_3$ — 30—50; CaF_2 — 5—20; слюда — 1—6; ставролит — 1—3; FeMn — 2—10; FeSi — 2—15; целлюлоза — 4—5. Для улучшения технологичности изготовления можно вводить до 5% буры. Допустимо введение в состав до 50% Fe (порошок). Для сварки мало-, низко- и среднеуглеродистых сталей.

22. Железная окалина — 2—10; SiO_2 — 5—9; $CaCO_3$ — 35—45; Na_2SiF_6 — 1—8; Ni — 3—8; CaF_2 — 20—30; FeMn — 4—7; FeMo — 1—3; FeSi — 1—3; FeTi — 8—15. (Металл шва имеет низкое содержание водорода и повышенную прочность при отрицательных температурах).

23. H_2O (80° C) — 23,7—29,7; C — 28,9—34,9; Na_2SiO_3 — 38,4—44,4. (Наносится на торец электрода окунанием и просушивается.)

24. CrB — 50—55; $CaCO_3$ — 5—8; Ni — 14—18; CaF_2 — 10—14; FeSi — 12—15. Наносится на легированный стержень. (Наплавка абразивостойка в агрессивных средах.)

25. 1-й слой: SiO_2 — 3—10; $CaCO_3$ — 35—50; FeMn — 2—7; FeSi — 1—4; FeTi — 10—20; 2-й слой: $CaCO_3$ — 5—10; CaF_2 — 16—20. (Покрытие для сварки как на переменном, так и на постоянном токе.)

26. Бентонит — 1—1,5; TiO_2 — 3—3,5; SiC — 8—9; $CaCO_3$ — 42—44; CaF_2 — 26—28; FeMn — 3—4; FeMo — 3—4; FeTi — 10—12; жидкое стекло (сверх 100%) — 28—30. Стержень — легированная сталь.

27. Гематит — 4—5; графит — до 3; ильменит-концентрат — 24—28; ферромарганец — 50—52; хромомагнезит — 10—12; целлюлоза — 1—5. (Повышенная стойкость к горячим трещинам.)

28. $CaCO_3$ — 30—32; CaF_2 — 39—41; Al_2O_3 — 11—12; FeMn — 13—15. (Плотный, беспористый шов.)

29. Асбестит — 2—6; бура — 0,5—2; гематит—34—38; ильменит-концентрат — 30—34; магнезит — 16—20; силикомарганец—6—10. (Технологично при опрессовке. Дает плотный без отбела шов. Наносится на проволоку СВ-08.)

30. Al — 0,5—10; карбоксиметилцеллюлоза — 10—20; Na_2SiF_6 — 1—8; CaF_2 — до 100%.

Могут быть введены: W — 0,2—10; Al_2O_3 — до 15; Mn — 1—20; Mo — 1—20; Nb — 1—15; FeV — 0,5—10; FeSi — 1—15; Cr — 1—25.

31. TiO_2 — 5; $CaCO_3$ — 20; CaF_2 — 10; слюда — 5; FeV — 50; FeSi — 10; жидкое стекло — 25—80 (сверх 100%). (Наплавка плотная, беспористая и без трещин. Состав: C — 0,15; Mn — 0,5; Si — 0,7; V — 8,5.)

32. SiC — 37—47; K_2CO_3 — 1—5; Al — 5—16; чугунный порошок — 8—18; $CaCO_3$—5—15; CaF_2 — 8—18; C — 18—28. (Применяется для сварки с предварительным подогревом. Стержень — сталь.)

33. $CaCO_3$ — 10—15; $BaCO_3$ — 17—22 $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ — 15—25; FeMn — 10—15; FeSi — 5—10; CaF_2 — 10—20; C — 8—18. Материал стержня: медно-никелевая проволока — 30—40 Cu; 60—70 Ni.

34. Fe — 23—25; Co — 4—6; Cu — 1,5—2,5; $CaCO_3$ — 35—40; CaF_2 — 23—28; FeTi — 9—12; Cr — 2,5—3,5; жидкое стекло (сверх 100%) — 30—40. (Повышенное качество сварного соединения.)

35. Co — 25—35; W — 10—25; $CaCO_3$—12—20; CaF_2 — 3—7; TiO_2 — 1—8; Mo — 6—20; Cr — 1—6; FeTi — 6—12; FeV — 2—7; FeSi — 1—3; Al — 1—2. Твердость после наплавки HRC=43—26, после отпуска при 650° C — HRC-59—63. (Рекомендуется для работы в тяжелых температурных условиях.)

36. FeV — 3—5; FeTi — 8—12; FeCr — 65—75; FeMo — 4—6; FeMn — 1,5—2,0; FeSi — 1—2; FeNb — 0,3—0,5; C — 4—6; CaF_2 — 5—7. (Высокая износостойкость наплавки при ударно-абразивном и абразивном износе.)

37. FeNb — 30—35; FeTi — 5—7; $CaCO_3$ — 15—20; CaF_2 — 12—18; рутил — 4—7; Al — 1,5—2,5; FeMn — 1,5—3,0; C — 3,5—5,0; FeCr — 15—20. (Повышенная износостойкость наплавки. Стержень электрода — проволока СВ-08 или СВ-08А.)

38. Хромомагнезит — 10—12; ильменитовый концентрат — 24—28; ферромарганец — 50—52; гематит — 4—5; целлюлоза — 1—5. Можно вводить графит — до 3%. (Применение при сварке и наплавке деталей из высокомарганцовистых сталей типа Г-13).

39. FeMo — 5—7; $CaCO_3$ —30—32; CaF_2—20—22; FeMn — 1—2; FeSi — 2—4; Al — 2—4; C — 7—9; FeCr — 20—24. После термообработки — закалка 950° C и охлаждение в масле — твердость HRC=60—62. Стержень — высокохромистая легированная сталь.

40. $CaCO_3$—3—8; CaF_2— 9—25; TiO_2—15—35; Mn — 2—8; K_2CO_3 — 0,3—0,8; хромомагнезит — 25—40. (Стержень — СВ-02Х19Н9.)

41. ZrO_3 — 3—20; ставролит — 1—3; слюда —1—6; целлюлоза—1—5; $CaCO_3$—30—50; CaF_2 — 5—20; SiO_2 — 1—10; FeMn — 2—10; FeSi — 2—15. Можно также вводить до 50% Fe (порошка) и до 5% буры. Вместо целлюлозы можно вводить древесную муку. (Устойчивая сварка на переменном токе, хорошее формирование шва, бездефектный сварной шов.)

42. $CaCO_3$ — 3—8; CaF_2 — 80—90; $MgCO_3$— 1—10; Na_2CO_3— 0,3—0,7; Al — 0,5—1,0; Na_2SiF_6 — 0,5—2; K_2CO_3 — 0,3—0,7. (Для высоколегированных низкоуглеродистых сталей, используемых при длительном низкотемпературном нагружении, —269° C).

43. Каолин — 2—8; целлюлоза — 2—5; $CaCO_3$ — 20—40; FeMn — 10—30; FeCr—2—7; FeMo — 2 — 10; рутил — до 100%. (Стержень — СВ-08 или СВ-08А; твердость первого слоя наплавки HB=330—350).

44. Полевой шпат — 13—18; FeMn — 5—8; CaF_2 — 10—15; FeSi — 1—5; Fe — 27—33; Ni — 4—6; гематит — до 100%. (Стержень — медь. Технологические свойства электрода улучшены.)

45. FeNb — 8—12; $CaCO_3$ — 48—53; CaF_2 — 12 — 15; SiO_2 — 5—10; TiO_2 — 3—5; FeMn — 3—5; FeSi — 2—4; FeTi — 12—18. (Повышает эмалируемость сварной стальной аппаратуры.)

46. C — 0,45—1,0; Mn —5—10; Mn(N)—10—18; FeV — 6—9,5; Mo — 2—6,5; FeTi — 8—13; Al — 8—13; FeSi — 1—3; $CaCO_3$ — 22—26; CaF_2— 10—15; рутил — 4,5—8,5. Кроме того, сверх 100%: слюда — 2; K_2CO_3 — 2; жидкое стекло — 22—27. (Повышенная стойкость в условиях ударно-абразивного износа и контактно-ударного нагружения).

47. FeMn — 5—8; TiO_2 — 20—25; Cr — 24—28; $CaCO_3$ — 20—25; CaF_2 — 10—14; FeCr(N) — 6—10; FeMo — 3—5. Наплавка Х30Н12М с использованием стержня СВ-07Х25Н13. Улучшенная отделяемость шлака. Повышенная стойкость в щелочной среде).

48. $CaCO_3$ — 50—55; CaF_2 — 10—13; TiO_2 — 21—25; K_2CO_3 — 1—2; FeTi — 10—15; FeSi — 2—5. (Уменьшение склонности металла шва к тепловой хрупкости и устранение синеломкости при повышенных температурах). Стержень — легированный.

49. $CaCO_3$ — 6—13; CaF_2 — 24—27; FeMn — 3—6; FeSi — 3—6; FeTi — 5—10; $MgCO_3$ — 40—50. Можно вводить силикатную глыбу — 2%, Na_2CO_3 — 1%. (Повышение качества металла шва, сниженное содержание серы.)

50. TiO_2 — 4—6; FeTi — 4—8; Fe — 2,5—4; K_2CO_3 — 0,5—1,5; Cr — 2,5—4,0; CaF_2 — 13—16; SiO_2 — 1—5; FeMn — 3—6; FeSi — 3—4; FeMo — 2—3; $CaCO_3$ — до 100%. (Снижение трещинообразования металла шва, увеличение коэффициента наплавки при сварке сталей 10ХМ, 12ХМ. Механические свойства наплавки: $\sigma_в$=61—62 кгс/мм²; $\sigma_т$=49,5—51 кгс/мм²; δ=21,5—24%; $a_н$=9,3—13,3 кгс·м/см²).

51. CaF_2 — 31,5—50; $CaCO_3$ — 26—30; Mn — 3,5—5,5; Na_2CO_3 — 0,4—16; Cr — 17—24; слюда — 2—4; Al — 1—4. (Повышенная окалиностойкость наплавленного металла и стойкость шва к образованию трещин).

52. $CaCO_3$ — 8—13; полевой шпат или нефелин — 2—5; рутил — 46—52; слюда — 17—21; FeMn — 11—13; целлюлоза — 0,5—2,0. (Улучшенные сварочно-технологические характеристики.)

53. Mo — 15—17; Al_2O_3 — 12—13; $CaCO_3$ — 9—10; CaF_2 — 9,5—10; TiO_2 — 40—42; Cr—7—8; гематит — 3—5; Na_2CO_3— 0,5—0,6%. (Стержень — легированный. Повышенная стойкость к образованию горячих трещин.)

54. В состав покрытия, содержащего графит, вводится 48—52% лигатуры следующего состава: Si — 40—50; Mg — 6—12; Ca — 8—20; Fe — до 100%. Можно вводить также редкоземельные металлы — до 10%. (Повышает качество металла без графитизирующего отжига).

55 Силикомагний — 44—48; графит — 38—42. $CaCO_3$ — 12—16.

56. Полевой шпат — 9—10; CaF_2 — 15—16; C — 8—12; Al — 8—12; FeMn — 18—20; $CaCO_3$ — до 100%. (Улучшенные физико-механические свойства.)

57. Марганцевая руда — 40—60; SiO_2— 10—30; активирующие добавки — 5—15; тальк — 5—10; $CaCO_3$ — 5—20; CaF_2— 5—10. (Повышенное качество сварного шва, улучшенная защита зоны дуги, уменьшенное разбрызгивание основного металла.)

58 Графит — 16—19; вода — 13—15; железный порошок — 24—27; жидкое стекло — 40—45. (Устранение „примерзания" электрода при зажигании дуги и получение в точках зажигания требуемого химического состава.)

59. $CaCO_3$ — 39—43; CaF_2 — 18—25; TiO_2 — 16—22; FeTi — 7—9; силикокальций — 10—15. (Сниженная токсичность и повышенные качества сварного шва.)

60. $CaCO_3$ — 5—12; CaF_2 — 25—45; TiO_2 — 25—45; Mn — 5—10; Cr — 5—10; FeNb — 0,5—3,0; слюда — 1—4; K_2CO_3 — 0,03—0,7; $MgCO_3$ — 5—15; Ni — Mn лигатура — 5—10; калиевая силикат-глыба— 0,4—1,0. Стержень — легированный. (Улучшенные сварочно-технологические свойства, уменьшенная склонность к образованию трещин и МКК.)

61. Al — 1,8—2,1; C — 5,5—6,8; (Ti, Cr) B — 24,5—26; $CaCO_3$ — 23,5—26,5; CaF_2 — 23—25; FeMn — 7,5—9; FeSi — 9,5—10,5. (Наплавка износостойка при высоких температурах.)

Таблица 8.7

НАЗНАЧЕНИЕ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ СВАРКИ И НАПЛАВКИ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Основное назначение	№ состава
Наплавка аустенитными сталями	27, 38
Наплавка многослойной легированной сталью	26
Наплавка, повышающая стойкость к:	
абразивному изнашиванию	24
абразивно-ударному изнашиванию	39
износу при трении	36, 43, 46
износу при коррозионном воздействии	47, 60, 61
тепловой хрупкости	48
ударным воздействиям	37
Наплавка штампов и режущего инструмента	35
Покрытие ионизирующее (облегчающее зажигание дуги)	23, 58
Сварка:	
аустенитной низкоуглеродистой холодостойкой стали	22, 42
аустенитной высоколегированной стали	53, 60
высокопрочной низколегированной стали	16, 34
жаропрочных сплавов	17, 51
коррозионностойкой низкоуглеродистой стали	18, 40
коррозионностойкой и жаропрочной стали	30, 60
на постоянном и переменном токе (двухслойная)	15, 41
теплоустойчивой стали	28, 50
углеродистой и низколегированной стали	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 19, 20, 21, 49, 52, 57, 69
углеродистой стали перед эмалированием	45
чугуна	29, 32, 54, 55, 56
чугуна (холодная ручная)	31, 33, 44

Составы покрытий электродов для сварки никеля и его сплавов.

1.	Al	1—8	1—8
	$BaCO_3$	6—30	6—30
	TiO_2	7—30	7—30
	$3NaF \cdot AlF_3$	5—25	5—25
	$CaCO_3$	10—30	10—30
	Слюда	До 2	0,5—4,0
	FeV	До 10	—
	FeSi	До 16	—
	FeTi	До 18	—

(Обеспечивают хорошую шлаковую защиту, уменьшают разбрызгивание и выплески. Хорошие сварочные свойства. Повышенная плотность и прочность наплавленного металла.)

2. $CaCO_3$ — 55—65; CaF_2 — 15—20; $CaCO_3 \cdot MgCO_3$ — 5—10; Al_2O_3 — 4—8; $MgCO_3$ — 5—9; Al — 6—10. (Стержень — сплавы на основе никеля с Al, Ti, Mn, Si. (Наплавленный металл стоек против горячих трещин.)

3. $MgCO_3$ — 1—10; $CaCO_3$ — 20—40; CaF_2 — 5—15; Ti — 3—8; TiO_2 — 15—40; $3NaF \cdot AlF_3$ — 5—30; слюда — 0,5—3. Можно вводить Mo — до 8% и Mn — до 8%. (Повышенная технологичность покрытия и повышенная стойкость наплавки против образования горячих трещин.)

4. Mo — 19—22; CaF_2 — 40—50; рутил — 25—35; FeSi — 2—4. (Стержень — легированная сталь. Повышенная коррозионная стойкость шва.)

Составы покрытий электродов для сварки меди и ее сплавов. 5. Al — 1—5; C — 2—6; Fe — 4—6; KCl—8—15; $3NaF \cdot AlF_3$ — 10—20; Mn — 25—35; Ni — 22—30; CaF_2 — 10—20. Стержень — БрАМц9-2. (Наплавка имеет высокую плотность).

6. Al — 5—6; Si — 18—20; $CaCO_3$ — 16—18; CaF_2— 18—20; рутил — 17—19; Ti — 6—8; NaF — 11—13. (Повышенная износостойкость).

7. Al — 3—5; Mn — 8—12; $CaCO_3$ — 36—43; полевой шпат — 5—12; FeTi — 12—14; фтористый кальций — 18—24. (Повышенная плотность, прочность и пластичность сварного соединения.)

8. $CaCO_3$ — 32—33; CaF_2 — 12—13; полевой шпат — 15—16; Mn — 22—24; Cu—16—18. Стержень — проволока БрКМЦ. Сварка при подогреве 290—305° С. (Хорошие результаты при сварке хромовой бронзы.)

9. CaF_2 — 24—26; $CaCO_3$ — 8—10; Mn — 34—36; Si—18—20; полевой шпат — 7—10. Стержень — медь.

10. NaCl — 20—30%; древесный уголь— 5—15%; $CaCO_3$ — 3—7%; CaF_2—5—15%; $3NaF \cdot AlF_3$ — 40—60%.

Материалы размалывают, просеивают через сито 016, тщательно перемешивают и замешивают до необходимой консистенции на растворе натриевого жидкого стекла, разведенного до плотности 1,25—1,27 г/см³ 3—5%-ным водным раствором KOH. На 100 кг сухой шихты идет 65—75 кг раствора жидкого стекла. Готовое покрытие однослойно наносится на стержни 4—8 мм окунанием с таким расчетом, чтобы вес сырого покрытия составлял 17—22% от веса стержня. После 24—30 ч сушки в спокойной атмосфере при 18—25° С электроды прокаливаются при 340—360° С в течение 2—2,5 ч. После закалки вес покрытия должен составлять 12—16% от веса стержня.

Электроды на стержнях из БрАМц9-2 и БрАЖН10-4-4, изготовленные по описанной технологии, имели следующие механические свойства. На БрАМц9-2: $\sigma_в$=43—50 кгс/мм²; $\sigma_{0,2}$=21—23 кгс/мм²; δ=21—25%. На БрАЖН10-4-4: $\sigma_в$=68—70 кгс/мм²; $\sigma_{0,2}$=46—48 кгс/мм²; δ=17—20%.

11. Покрытие достаточной прочности на основе силиката натрия и в то же время сокращающее переход Si в металл шва получается тем, что раствор жидкого стекла, обычно поставляемый плотностью 1,40—1,50, разбавляют 3—5%-ным раствором KOH и в таком виде вводят в замес.

12. Полевой шпат — 5—12; Al — 3—5; Mn — 8—12; $CaCO_3$ — 36—43; CaF_2 — 18—24; FeTi — 12—14. (Технологические свойства покрытия улучшены. Прочность и пластичность шва повышены. Стержень — медь или медь с добавками Ni, Fe, Ti.)

13. FeAl — 5—25; $3NaF \cdot AlF_3$ — 50—60; NaCl — 10—40; древесный уголь — 5—15. Обеспечивает состав шва, идентичный основному металлу, без пор и трещин.

14. Флюс — 50—70; $3NaF \cdot AlF_3$ — 20—30; KNO_3 — 2—6; КМЦ — 3—6. Состав флюса (A): NaCl — 28; KCl — 50; LiCl — 14; NaF — 8. (Повышенная стабильность горения дуги и улучшенное качество сварного соединения).

Таблица 8.8

НАЗНАЧЕНИЕ ПОКРЫТИЙ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ СВАРКИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Свариваемые металлы	№ состава
Алюминий	14
Алюминиевая бронза	10
Бронзы оловянистые	5
Медь	7, 8, 9, 12
Никель	1, 2, 3, 4, 12
Сплав CuMn	13
Сплав NiCu	6, 12
Сплавы никеля	1, 2, 3, 4, 12
Цветные сплавы	11

5. СОСТАВЫ ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ ПРИ ВИБРОДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ

Вибродуговая (виброимпульсная) наплавка — разновидность тепловых наплавочных процессов — характеризуется прерывистым (импульсным) протеканием процесса и применением жидких сред для защиты и охлаждения рабочей зоны. Ниже приводятся рецепты некоторых составов жидкостей, используемых при вибродуговой наплавке.

1. Сода кальцинированная — 6; вода — до 100%.
2. Минеральное масло — 0,5; сода кальцинированная — 3—4; вода — до 100%.
3. Глицерин — 15—20; вода — до 100%.
4. Глицерин — 4—5; сода кальцинированная — 2—3; вода — до 100%.
5. Глицерин — 0,5; мыло хозяйственное — 1; сода кальцинированная — 5; вода — до 100%.

Некоторые индексы **МКИ,** которыми сведения гл. VIII классифицируются в патентной литературе:

Подкласс В 23*к*	Пайка, сварка, резка пламенем
Группа 5/00	Газовая сварка
9/00	Электродуговая сварка
25/00	Электрошлаковая сварка
35/00	Присадочные прутки, электроды, материалы и среды, применяемые при пайке, сварке или резке
35/04	специально предназначенные для использования в качестве электродов
35/34	С соединениями, придающими металлам текучесть при нагреве

Некоторые индексы **УДК,** которыми сведения гл. VIII классифицируются в печатных изданиях:

621.79	Соединение материалов сваркой, пайкой и склеиванием
621.791	Сварка и родственные процессы
621.791.04	Присадочные материалы и флюсы
621.791.042	Присадочный материал в виде прутков или проволоки. Плавящиеся электроды
621.791.042.2	Голые
621.791.042.3	Фитильные, полые
621.791.042.4	Покрытые
621.791.046	Присадочный материал в виде порошка и в связанной форме
621.791.048	Флюсы (порошкообразные, пастообразные)
621.791.92	Наплавка. Наварка

ГЛАВА IX

СОСТАВЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ПАЙКЕ МЕТАЛЛОВ

Пайка металлических деталей — процесс создания прочного, неразъемного соединения путем внесения между соединяемыми поверхностями специально расплавляемого металла — припоя, температура плавления которого ниже температуры плавления соединяемых деталей. После охлаждения затвердевший припой прочно соединяет соприкасающиеся с ним поверхности. Пайка близка к сварке, но отличается от нее тем, что применима для соединения самых разнообразных по составу материалов, в то время как сваркой соединяются преимущественно однородные; кроме того, при пайке соединяемые поверхности не расплавляются, даже если возникает химическое взаимодействие с припоем. Процессы и технология пайки детально изучены и подробно описаны, здесь они не рассматриваются. Ниже приводятся составы припоев и флюсов, постоянно применяемые при пайке и зачастую приготовляемые в условиях предприятия, даже если имеется промышленный выпуск того или иного из них.

1. ПРИПОИ

Припоями называют сплавы металлов, применяемые для соединения между собой различных деталей, узлов и изделий, преимущественно металлических, методом пайки.

Для использования в качестве припоя сплав должен обладать постоянной точно известной температурой или интервалом температур плавления, быть достаточно жидкотекучим при рабочей температуре, хорошо растекаться и смачивать соединяемые поверхности, обладать после затвердевания требуемыми свойствами (механическими, химическими и т. д.), заданными характеристиками усадки и теплового расширения и отвечать ряду других требований, подробно оговариваемых в соответствующей технической и технологической документации. Число металлов и сплавов, пригодных к применению в качестве припоев, весьма велико. На практике в конкретных условиях используется ограниченное число составов, наиболее отвечающих определенному комплексу требований. В приводимых ниже перечнях собраны составы различных наиболее употребительных и доступных припоев. Наиболее часто употребляемые в их описании условные обозначения таковы: $t_{\text{пайки}}$ — температура пайки, °С; $t_{\text{пл}}$ — температура плавления, °С; $t_{\text{раб}}$ — рабочий интервал или рабочая температура флюсующего действия.

Припои с температурой плавления до $t_{\text{пл}} \cong 400°$ С условно называются мягкими припоями. Из них иногда выделяют группу припоев с $t_{\text{пл}}$ ниже 100° С, называемых легкоплавкими.

Припои с $t_{\text{пл}}$ выше 400° С называют твердыми. В них также иногда выделяют группу тугоплавких припоев с $t_{\text{пл}}$ выше 1000° С. Указанные границы носят условный характер и установлены произвольно. В различных литературных источниках к мягким относят припои с $t_{\text{пл}}$ в интервале 315—425° С (иногда 450° С), а к твердым — припои $t_{\text{пл}}$ выше 425—500° С (обычно 450° С).

Большое число составов припоев выпускается в готовом виде промышленностью по соответствующим стандартам: припои оловянно-свинцовые (ГОСТ 1499-70); припои медно-цинковые (ГОСТ 16130-72), припои серебряные (ГОСТ 8190-56). Однако в производственной практике часто возникает необходимость изготовлять припои самостоятельно.

Типовая последовательность и условия приготовления припоев: взвешенные на технических весах хорошо просушенные составные части припоя помещают в плавильный тигель, нагревают над газовой горелкой или на другом источнике тепла, после расплавления перемешивают палочкой из мягкого дерева или стальным прутком и разливают в формы (желобки из жести, гипса, графита, формовочных смесей и т. д.), в которых припой застывает. Сильно перегревать расплав не рекомендуется.

Легкоплавкие припои можно сплавлять в фарфоровых тиглях или стаканах, более тугоплавкие — в металлических (стальных, никелевых, чугунных) тиглях и наиболее тугоплавкие — в тиглях из графита. В графитовых тиглях можно плавить любые припои.

Перед разливкой с поверхности расплава рекомендуется снять шлак (стальной палочкой или пластинкой), если он образо-

вался. Работать с расплавленными металлами необходимо при строгом соблюдении установленных правил техники безопасности. Мииимум защитных средств — очки, перчатки и плотный фартук.

Щипцы или другие приспособления, удерживающие тигель, должны надежно обеспечивать его захват, не допуская выскальзывания при переносе или разливке. Работать рекомендуется при действующей вентиляции.

1.1. МЯГКИЕ И ЛЕГКОПЛАВКИЕ ПРИПОИ

Как указывалось ранее, к группе мягких припоев условно относят припои с $t_{пл}$ ниже 400° С, а внутри группы выделяют легкоплавкие припои $t_{пл}$ ниже 100° С.

Составы и свойства наиболее употребительных мягких и легкоплавких припоев приведены в табл 9.1 и 9.2, их условные обозначения или наименования—в табл. 9.3, а некоторые назначения и особенности свойств — в табл. 9.4.

Таблица 9.1

СОСТАВЫ НЕКОТОРЫХ ЛЕГКОПЛАВКИХ И МЯГКИХ ПРИПОЕВ (% вес.)

№ состава	Sn	Bi	Pb	Cd	Прочие
1	8,3	44,7	22,6	5,3	In—19,1
2	10,5	40	21,5	8	In—20
3	11,5	45	24	9,5	In—10
4	9	33	18	7	In—33
5	12	49	18	—	In—21
6	12,3	52,55	25,64	9,5	—
7	12,5	50	25	12,5	—
8	11,5	57	23	8,5	—
9	11,5	45	24	9,5	Tl—10
10	13	49	27	10	In—1
11	20	35,5	35	9,5	—
12	12,5	50	25	12,5	—
13	15	39	31	15	—
14	12,9	49,4	27,7	10	—
15	12,5	50	25	12,5	—
16	9,3	50	34,5	6,2	—
17	14,9	50,7	30,9	3,4	—
18	11,3	42,5	37,7	8,5	—
19	19	35,1	36,5	9,4	—
20	10	28	27,5	34,5	—
21	9,6	45,3	45,1	—	—
22	1,0	50,6	40,2	8,2	—
23	—	51,6	40,2	8,2	—
24	25	50	25	—	—
25	16	52	32	—	—
26	18,75	50	31,25	—	—
27	22	56	22	—	—
28	33,3	33,3	33,3	—	—
29	17	67	16	—	—
30	32	53	15	—	—
31	22	50	28	—	—
32	26	54	20	—	—
33	14,5	48	28,5	—	—
34	26	53	—	21	—
35	50	—	—	—	In—50
36	33,3	20	33,3	13,4	—
37	—	55,5	44,5	—	—
38	—	56	44	—	—
39	42	58	—	—	Zn—4
40	52	5	30	—	—
41	33,4	33,3	33,3	—	—
42	19,25	24,5	50,5	5,75	—
43	37,5	—	37,5	—	In—25
44	60	40	—	—	—
45	42	58	—	—	—
46	35	35	30	—	—
47	15	15	70	—	—
48	34	33	33	—	—
49	43	14	43	—	—
50	49,8	—	32	18,2	—
51	—	62,5	—	37,5	—
52	70	—	18	—	In—12
53	—	—	15	—	In—80; Ag—5
54	10	—	—	60	Zn—30
55	—	—	—	—	In—100
56	—	52—56	40—44	—	Sb—2—6
57	34	—	63	—	Zn—3
58	67,75	—	—	—	—
59	68	—	—	32,25	—
60	62,5—63,5	0,1—0,25	Остальное	32	Sb—0,1—0,25
61	59—61	—	Остальное	—	Sb<0,8
62	61,5—62,5	0,25	Остальное	—	Sb—0,2—0,5
63	65—68	—	Остальное	— —	Ag—0,7—2,5 Sb—0,3—2,5
64	59,5—61,5	0,25	Остальное	—	Sb—0,2—0,5
65	69,5—71,5	0,25	Остальное	—	Sb—0,2—0,5
66	49,5—51,5	0,25	Остальное	—	Sb—0,2—0,5
67	39,5—41,5	0,25	Остальное	—	Sb—0,2—0,5
68	34,5—36,5	0,25	Остальное	—	Sb—1,6—2,0
69	29,5—31,5	0,25	Остальное	—	Sb—1,40—1,80
70	25	—	75	—	Sb—0,25—0,5

№ состава	Sn	Bi	Pb	Cd	Прочие
71	19,5—21,5	0,25	Остальное	—	Sb—0,8—1,2
72	61,9	—	38,1	—	—
73	70	—	30	—	—
74	49—50	—	Остальное	—	Sb<0,8
75	88—90	—	Остальное	—	Cu<0,8; Ni<0,8
76	45	—	55	—	Sb—0,12—0,5
77	39—40	—	Остальное	—	Sb—1,5—2,0
78	29—30	—	Остальное	—	Sb—1,5—2,0
79	17—18	—	Остальное	—	Sb—2—2,5
80	15	—	85	—	Sb—0,5
81	10	—	90	—	Sb—0,5
82	56	—	—	44	—
83	30	—	68,4	—	Sb—1,4—1,8
84	25	—	73,7	—	Sb—1,1—1,5
85	65	—	35	—	—
86	50	—	47	—	Sb—3
87	40	—	58	—	—
88	35	—	63,2	—	Sb—1,6—2,0
89	90	—	—	—	Zn—10
90	91	—	—	—	Zn—9
91	91,1	—	—	8,9	—
92	70	—	—	—	Zn—30
93	60	—	—	—	Zn—40
94	30	—	—	—	Zn—70
95	55	—	—	20	Zn—25
96	47,5	—	52,5	—	—
97	75	—	—	—	Zn—25
98	—	—	90	8	Zn—2
99	—	—	50	—	In—50
100	90	—	10	—	—
101	Остальное	—	0,2	—	Ag—4,5—5,5; Cu—1,5—2,5; Sb—0,8—1,2
102	96,5	—	—	—	Ag—3,5
103	95	—	—	—	Ag—5
104	98	—	—	—	Zn—2
105	80	—	—	—	Zn—20
106	30	—	63	5	Ag—2
107	—	—	—	—	In—90; Ag—10
108	—	—	75	—	In—25
109	15	—	78	—	Sb—7
110	94	—	—	—	Sb—4—6
111	7	—	83	—	Sb—10
112	4	—	89	—	Sb—7
113	40	—	—	60	—
114	—	—	98,9	—	Na—0,1; Zn—1
115	50	—	50	—	—
116	—	—	—	40	Zn—60
117	7	—	83	—	Sb—10
118	70	—	—	—	Zn—30
119	3—4	—	90	—	Sb—5—6; Ag—7,5—8,5
120	Остальное	—	0,2	—	Sb—7—8
121	—	—	Остальное	—	Sb—11—13
122	40	—	—	20	Al—15; Zn—25
123	—	—	—	90	Zn—10
124	—	—	—	82,5	Zn—17,5
125	15	—	83,5	—	Ag—1,5
126	—	—	—	40	Zn—60
127	—	—	—	10	Zn—90
128	15	0,75	83	—	Ag—1,25
129	—	—	90	—	In—5; Ag—5
130	90	—	—	—	Ag—10
131	5,5	—	92	—	Ag—2,5
132	—	—	—	40	Zn—60
133	80	—	—	—	Zn—20
134	—	—	97	—	Ag—3
135	10	—	—	96	Zn—1; Ag—3
136	0,25	0,25	Остальное	—	Sb—0,4; Ag—5—6
137	—	0,25	97,5	—	Sb<0,40; Ag—2,3—2,7
138	0,75—1,25	0,25	Остальное	—	Sb<0,40; Ag—1,3—1,7
139	—	—	—	60	Zn—40
140	1	—	97,5	—	Sb—0,4; Ag—1,3—1,7
141	—	—	95	—	In—5
142	33	—	56	—	Sb—11
143	—	—	93,5	0,5	Zn—1
144	60	—	—	—	Zn—40
145	—	—	98,5	—	Zn—1; Mn—0,5
146	—	—	—	95	Ag—5
147	36	—	—	24	Zn—40
148	20	—	—	20	Zn—60
149	—	—	95	—	Ag—5
150	66	—	—	—	Zn—30; Al—4
151	—	—	—	—	Zn—23—25; Al—2—2,5; Mg—72
152	—	—	—	—	Zn—95; Al—5
153	—	—	—	—	Al—12; Cu—8; Zn—80
154	—	—	—	—	Zn—13—15; Al—0,75—1,0; Mg—84—86

Таблица 9.2

СВОЙСТВА ЛЕГКОПЛАВКИХ И МЯГКИХ ПРИПОЕВ

№ по табл. 9.1	Температура плавления или интервал затвердевания, °С	Механические свойства			№ по табл. 9.1	Температура плавления или интервал затвердевания, С	Механические свойства		
		$\sigma_в$, кгс/мм²	δ, %	НВ, кгс/мм²			$\sigma_в$, кгс/мм²	δ, %	НВ, кгс/мм²
1	47 *	3,8	1,5	12	78	183—256	—	—	—
2	48—50	—	—	—	79	183—277	—	—	—
3	52—55	—	—	—	80	183—288	—	—	—
4	56—59	—	—	—	81	183—299	—	—	—
5	58 *	4,5	50	14	82	184	—	—	—
6	66 *	—	—	—	83	184—250	—	—	—
7	68 *	4,5	7	10,5	84	184—262	—	—	—
8	68—73	3,4	10	12	85	185	—	—	—
9	68—81	—	—	—	86	185—204	5,9	29	16
10	68—69	—	—	—	87	185—221	—	—	—
11	67—90	4	15	18	88	185—243	—	—	—
12	68—73	4	3	25	89	197	—	—	—
13	68—85	4	9	1	90	199 *	—	—	—
14	70	4,3	50	9	91	199 *	7,5	—	14
15	70—74	3,2	30	25	92	199—311	—	—	—
16	70—80				93	199—341	—	—	—
17	70—84				94	199—376	—	—	—
18	70—90	3,6	31	10	95	200	—	—	—
19	70—101				96	200	—	—	—
20	71—120	4,4	15	23	97	205	—	—	—
21	79	—	—	—	98	210—277	—	—	—
22	82—98	3,6	82	6,6	99	215	3,3	55	9,6
23	91,5 *	3,7	34	9	100	220	—	—	—
24	93,75 *	—	—	—	101	220—250	—	—	—
25	94	—	—	—	102	221 *	2,0	73	40
26	96 *	4,9	—	8,6	103	221—245	5,6	30	13
27	95—104	—	—	—	104	223	—	—	—
28	95—113	—	—	—	105	223	—	—	—
29	95—149	4	—	—	106	225—235	—	—	—
30	96	—	—	—	107	231	1,1	61	2,7
31	100 *	4,5	6,0	13,6	108	231	4	47	10
32	102	—	—	—	109	231	—	—	—
33	102—226	—	—	—	110	232—240	4	38	13
34	103	—	—	—	111	233	—	—	—
35	117	1,2	83	5	112	233	—	—	—
36	120	5	3,8	12,5	113	235	—	—	—
37	124 *	4	18	10	114	234	—	—	—
38	125	—	—	—	115	240	—	—	—
39	130 *	—	—	—	116	240	—	—	—
40	130 *	7,6	—	20,2	117	242	—	—	—
41	130	—	—	—	118	243	—	—	—
42	135	—	—	—	119	242—265	—	—	—
43	138	3,7	101	10	120	245—270	—	—	—
44	138—170	—	—	—	121	247—248	5	—	30
45	139	5,6	200	22	122	250	—	—	—
46	140	—	—	—	123	260	—	—	—
47	140	—	—	—	124	264 *	—	—	—
48	140	—	—	—	125	265—270	—	—	—
49	143—163	4,8	—	—	126	265—335	—	—	—
50	145 *	6,7	—	15,3	127	265—399	—	—	—
51	149	—	—	—	128	276	—	—	—
52	150—174	3,7	135	12	129	290	4	23	9
53	157	1,8	58	5	130	290—300	—	—	—
54	157	—	—	—	131	295—305	—	—	—
55	157	0,36	41	—	132	300	—	—	—
56	170	—	—	—	133	300	—	—	—
57	170—256	—	—	—	134	300—305	—	—	—
58	177 *	—	—	—	135	300—325	—	—	—
59	178	—	—	—	136	303—365	—	—	—
60	182 *	—	—	—	137	304 *	3,5	42	—
61	182—185	—	—	—	138	309 *	3,1	23	9,5
62	182—189	5,4	27	16	139	310	—	—	—
63	182—190	—	—	—	140	314 *	—	—	—
64	182—191	—	—	—	141	315	3,5	52	6
65	182—193	—	—	—	142	315	5,6	—	—
66	182—216	4,4	38	14	143	332	—	—	—
67	182—238	3,8	39	12	144	332	—	—	—
68	182—246	—	—	—	145	335	—	—	—
69	182—254	—	—	—	146	338	—	—	—
70	182—266	—	—	—	147	350	—	—	—
71	182—277	3,4	22	11	148	360	—	—	—
72	183 *	5,2	—	12,6	149	370—380	—	—	—
73	183—186	5,5	20	17	150	380	—	—	—
74	183—209	—	—	—	151	380	—	—	—
75	183—222	—	—	—	152	400	—	—	—
76	183—227	—	—	—	153	400	—	—	—
77	183—235	—	—	—	154	430	—	—	—

* Эвтектические сплавы.

Таблица 9.3

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ (ИЛИ НАИМЕНОВАНИЯ) НЕКОТОРЫХ МЯГКИХ И ЛЕГКОПЛАВКИХ ПРИПОЕВ

Условное обозначение или наименование	№ по табл. 9.1	Условное обозначение или наименование	№ по табл. 9.1
Авиа 1	95	ПОСВ 32—15—53	30
Авиа 2	122	ПОСК 50	50
Б	153	ПОСр 10	130
П 300А	132	ПОСС 4—6	119
П 380Мг	151	ПОССр 1,5	128
П 430Мг	154	ПС 93Ц1	143
ПК600 40	113	ПС 98Ц1	145
ПК60Ц 40	139	ПС 99Ц1	114
ПКЦ 40—60	116	ПС 780л 15Су7	109
ПОК56	82	ПС 830л 7Су10	117
ПОл 70Ц30	118	ПС 890л 4Су7	112
ПОл 80Ц20	105	ПСр 1,5	125
ПОл 98Ц2	104	ПСр 2	106
ПОС 18	79	ПСр 2,5	131
ПОС 30	78	ПСр 3	134
ПОС 40	77	ПСр 5	149
ПОС 50	74	Сплав Вуда	7
ПОС 61	61	Сплав Д'Арсе	21
ПОС 90	75	Сплав Липовитца	14
ПОСВ 20	133	Сплав Ньютона	26
ПОСВ 33	41	Сплав Розе	24

Таблица 9.4

НАЗНАЧЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ МЯГКИХ И ЛЕГКОПЛАВКИХ ПРИПОЕВ

Назначение припоя или его особенности	№ припоя (по табл. 9.1)
Пайка легких металлов и сплавов с $t_{пл}$ от 200° С и выше	7, 14, 21, 30, 41
Пайка сплавов с $t_{пл} \geqslant 200°$ С	24
Пайка алюминия и сплавов на его основе	57, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 104, 105, 113, 118, 122, 126, 127, 132, 152, 153
Пайка деталей и узлов под гальванические покрытия (серебрение, золочение)	75
Пайка деталей и узлов высокой коррозионной устойчивости	75
Пайка деталей и узлов, не допускающих высокого нагрева в зоне пайки	61
Пайка монтажных соединений	128
Лужение и пайка токопроводящих деталей из меди, цинка и их сплавов	78
Пайка деталей приборов и радиоаппаратуры	78
Пайка соединений перед повторной пайкой более легкоплавкими припоями	78
Лужение перед пайкой	72, 73, 79
Пайка магния и его сплавов	116, 150, 154
Пайка различных деталей из оцинкованной стали, цинка, медных сплавов	128
Ответственная электромонтажная пайка схем	61
Лужение и пайка кабельных изделий	74, 77
Пайка стали, оцинкованного железа, цинка, меди, латуни, деталей неответственного назначения	79
Ступенчатая пайка меди и ее сплавов, когда вблизи ранее производилась пайка более твердыми припоями	82
Пайка плавких сигнальных предохранителей	41
Пайка неэлектротехнических соединений, работающих при низких температурах	15
Пайка тонких предварительных покрытий на керамике	53
Пайка оборудования пищевой промышленности, тары для медикаментов, сосудов для воды	75, 110
Пайка автомобильных радиаторов	134
Пайка выводов электровакуумных приборов	61
Пайка молибдена и вольфрама	106, 125, 131, 134, 135
Пайка наружных деталей приборов	128, 139
Пайка токопроводящих деталей из латуни, серебра, луженого никеля	61, 74, 77
Пайка ответственных деталей из стали и латуни	74, 77
Пайка проводов с лепестками	74, 77
Пайка соединений обмоточных проводов ⌀0,05—0,08 мм	61
Пайка монтажных проводов с хлорвиниловой изоляцией	61
Пайка герметичных швов	61
Пайка полупроводниковых термоэлементов	56
Пайка закаленной стали	61
Лужение вкладышей подшипников перед заливкой баббитом	79
Дешевый припой для медицинских работ	67, 71, 79, 119
Высокотемпературный электротехнический припой для приборов	102, 103, 134
Пайка серебра, стекла и керамики	107
Припой общего назначения	78
Для припайки к стеклу	35
Пайка наружных деталей электровакуумных приборов	130, 149
Высокая стойкость к щелочной коррозии	43, 99, 108
Повышенная устойчивость к ползучести	63, 86
Хорошее сцепление с неметаллами	53
Расширяющиеся и усаживающиеся припои:	
расширяющийся, а затем усаживающийся до нуля:	
за 30 мин	1
за 60 мин	2
Равномерно расширяющийся до 0,0057 см/см	14
Усаживающийся до 0,0025 см/см, затем расширяющийся до нуля за 60 мин	18
Расширяющийся до 0,0007 см/см, затем усаживающийся до 0,0005 см/см	45

1.2. ТВЕРДЫЕ И ТУГОПЛАВКИЕ ПРИПОИ

К группе твердых припоев условно относят припои с $t_{пл}$ выше 400° С; внутри нее выделяют подгруппу тугоплавких припоев с $t_{пл}$ выше 1000° С.

В табл. 9.5 и 9.6 приведены составы и свойства наиболее употребительных твердых и тугоплавких припоев. Условные обозначения или наименования их даны в табл. 9.7, а некоторые назначения и особенности — в табл. 9.8.

Таблица 9.5

ТВЕРДЫЕ ПРИПОИ

№ припоя	Состав (% вес.)			
	Cu	Ag	Zn	Прочие элементы
1	1,5		58,5	Sn — 40
2	28			Si — 6; Al — остальное
3	21			Si — 7; Al — остальное
4	23	60		Sn — 17
5				Si — 12; Al — остальное
6	17	40	17	Cd — 26; Ni — 0,3
7	15	45	16	Cd — 24
8	16	50		Cd — 18
9	16	50		Cd — 34
10	Остальное	2,3		P — 5,2
11	Остальное		1—3	Sn — 2,5—3,5; P — 6—7
12	28	62		Sn — 10
13	83—89		6—8	P — 6,5—8,0
14	Остальное	15		P — 4,8
15	Остальное			P — 8
16	Остальное			P — 7,5
17	Остальное	4,9		P — 5,5
18	70	25		P — 5
19	30	45	25	
20	20	65	15	
21	26	70	4	
22	27	68		Sn — 5
23	40	25	35	
24	28	72		
25	Остальное			P — 9
26	45	20	30	Cd — 5
27	28	71		P — 1
28	27	44	16	Cd — 8; Mn — 3; Ni — 2
29	80	15		P — 4,8
30	48,8	37,5		Mn — 8,2; Zn — 5,5
31	36		Остальное	
32	52	12	36	
33	50	40		Mn — 10
34	Остальное			P — 7
35	53	10	37	
36	50	50		
37	48		Остальное	Pb — 0,5
38	54		Остальное	
39				Ni — 89; P — 11
40	60,5—63,5		Остальное	
41	59—60		Остальное	Si — 0,2—0,4; Sn — 0,7—1,1; Pb — 0,2
42	60—63			Sn — 0,4—0,6; Si — 0,3—0,4
43	67—70		Остальное	
44		100		
45	46—50		Остальное	Ni — 9—11
46				Ni — 56; Fe — 33; P — 11
47	100			
48	75			Ni — 25
49				Ni — 51; Mo — 49
50				Ni — 100

Таблица 9.6

СВОЙСТВА НЕКОТОРЫХ ТВЕРДЫХ ПРИПОЕВ

№ по табл. 9.5	Температура плавления или интервал затвердевания, °C	$\sigma_в$, кгс/мм²		№ по табл. 9.5	Температура плавления или интервал затвердевания, °C	$\sigma_в$, кгс/мм²	
		припоя	соединения			припоя	соединения
1	475	8		26	780		
2	525			27	795—750		
3	540—525		10/16*	28	800—650		
4	560			29	810—635		
5	580			30	810—725		
6	605—595			31	825		
7	630			32	825—780	18,5	20/20
8	650—635			33	840		
9	660			34	850—860		14,6/—
10	685		19/33	35	850—815		
11	700—680		19/33	36	850—779		
12	700—660			37	865	21	31/21
13	700—720			38	880	26	
14	705		27,5/41	39	900—880		
15	705	До 28		40	905	31	43/27
16	710	15—17	16,5/—	41	905		
17	710		21,3/36,9	42	905		43/31
18	710—650			43	938	30	
19	725—660	30		44	961		
20	740	30—35		45	985		
21	755—730	30—35	18/23	46	1030—1020		
22	760			47	1083		
23	775—745	28	23/25	48	1205—75		
24	779—770			49	1315—1300		
25	780—775	До 28	13,2/—	50	1455—1450		

* В числителе сопротивление разрыву, в знаменателе — срезу.

Таблица 9.7

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ ИЛИ НАИМЕНОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ТВЕРДЫХ И ТУГОПЛАВКИХ ПРИПОЕВ

Условное наименование или обозначение	№ по табл. 9.5	Условное наименование или обозначение	№ по табл. 9.5
А	1	ПСр50	36
АЛ2	5	ПСр62	12
Л62	40	ПСр65	20
Л68	43	ПСр70	21
ЛОК 59-1-03	41	ПСр72	24
ЛОК 62-06-04	42	ПСр100	44
МФЗ	16	ПСрК 20-5	26
МЦН48-10	45	ПСрФ 2,5	10
ПМ100	47	ПСрФ 5-5	17
ПМФ7	34	ПСрФ 15-5	14
ПМФ8	15	ПСр12М	32
ПМФ9	25	ПСр15Ф	29
ПМЦФ	13	ПСр25Ф	18
ПМЦ-36	31	ПСр71Ф	27
ПМЦ-48	37	ПСр40Г10	33
ПМЦ-54	38	ПСр40Кд	6
ПН-25	48	ПСр44Кд	28
ПН-100	50	ПСр45Кд24Ц16	7
ПНЖ 33Ф11	46	ПСр50Кд18	8
ПНМл 49	49	ПСр50Кд34	9
ПНФ-11	39	ПСр60Ол17	4
ПСр10	35	ПСр68Ол5	22
ПСр25	23	ПФОЦ-7-3-2	11
ПСр37,5	30	34А	2
ПСр45	19	35А	3

Таблица 9.8

НАЗНАЧЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ ТВЕРДЫХ И ТУГОПЛАВКИХ ПРИПОЕВ

Назначение припоя или его особенности	№ припоя по табл. 9.5
Пайка меди и ее сплавов без особых требований к стойкости соединения шва при ударных и изгибающих нагрузках	13, 18, 29, 37, 38
Пайка меди и ее сплавов при требовании повышенной прочности шва	19, 21, 23, 26, 40, 41, 42
Пайка меди, латуни, бронзы в деталях, работающих при небольших статических нагрузках	16
Пайка латуни, содержащей 58% меди	32
Пайка латуни, содержащей до 68% меди	31, 37
Пайка соединений высокой электропроводности и работающих при высоких температурах	36
Пайка без изгиба медных сплавов, содержащих 68% Cu с $t_{пл}$=900—920° С	37
Пайка малоуглеродистого серого чугуна	50
Пайка плотных швов изделий, работающих под давлением	41, 42
Пайка никелевых сплавов в печах с защитной атмосферой	47

Продолжение табл. 9.8

Назначение припоя или его особенности	№ припоя по табл. 9.5
Пайка томпака в изделиях, не испытывающих ударных и изгибающих нагрузок	38
Пайка стали при тех же условиях	16, 38
Пайка нержавеющей стали	33
Пайка стали (хромистой, нержавеющей), когда требуется высокая механическая прочность, стойкость против коррозии и чистота слоя	19, 23
Пайка стальных тонкостенных изделий, когда требуется повышенная прочность	26
Пайка сложных соединений при узких и глубоких зазорах высокой электропроводности	24, 27
Пайка соединений из меди и медных сплавов, когда требуется повышенная вязкость	21
Пайка бериллиевой бронзы, когда требуется высокая механическая прочность и чистота спая	39, 23
Пайка деталей из черных металлов в водородной среде	47
Пайка деталей из молибдена и вольфрама в водородной среде	50
Пайка только наружных деталей из цветных и черных металлов	7, 9
Пайка радиотехнических изделий, разъемов, волноводов	12, 27, 28, 30
Пайка внутренних деталей приборов	4, 24
Пайка внутренних деталей приборов (кроме черных металлов)	14, 15, 25, 34
Пайка деталей из молибдена и вольфрама	20, 39, 46, 48, 49
Пайка соединений с высокой электропроводностью	20, 21, 23, 27, 36
Пайка серебра, вольфрама, платины	20
Пайка деталей из низколегированной стали	20

Ниже приведены составы некоторых специализированных припоев, наиболее эффективных в сочетании с теми материалами, для соединения которых они рекомендуются.

Припои для пайки жаропрочных сталей и сплавов (% вес.):

	1	2	3
Cr	11—13	14—16	15—14
Cu	До 100%	—	—
Ni	22—25	До 100%	До 100%
Pd	32—34	—	5—35
Si	—	4—5	До 25
$t_{пайки}$, °C	1220	1100—1160	1230—1240

Припой (1) — для пайки жаропрочных сталей и сплавов. Пластичен, швы плотные. $\sigma_в = 70$ кгс/мм².

Металлокерамический припой (2) — для пайки жаропрочных сплавов, $t_{пл} = 1080° C$; применим для сплавов на основе никеля и кобальта, содержащих значительное количество алюминия и титана. Для снижения $t_{пайки}$ и обеспечения самофлюсования в припой можно вводить бор, для улучшения смачивающей способности — железо, для упрочнения — углерод, для повышения жаропрочности — алюминий. В присутствии бора и кремния можно осуществлять пайку жаропрочных сплавов при низком вакууме — порядка $5 \cdot 10^{-2}$, $5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст. или в галогенизированных средах ($Ar + BF_3$) без никелирования спаиваемых поверхностей.

Соединения из жаропрочных сплавов на никелевой основе, выполненные с помощью этого припоя, обладают прочностью на отрыв (кгс/мм²): при 20° С — 30; при 500° С — 26—28; при 700° С — 24—26; при 900° С — 21—23; при 100° С — 12—19. Соединительный зазор при пайке — 0,5—0,7 мм.

Припой (3) — для пайки жаропрочных материалов, работающих до t = 950° С. Пайку ведут в защитной среде.

	4	5	6
Ag	12—25	—	—
B	0,1—0,3	10—14	—
Co	0,5—4	—	10—35
Cr	—	0,3—0,7	15—20
Cu	До 100	5—20	—
Mn	0,5—4	—	—
Mo	—	5—20	—
Ni	10—20	До 100	До 100
Pd	—	—	35—45
Si	0,1—0,4	4—6	0,2—0,8
Zn	16—25	—	—

Припой (4) — для пайки нержавеющих сталей. Соединения имеют повышенную пластичность в нагретом состоянии.

Порошковый припой (5) — для пайки жаропрочных сталей и сплавов. Пониженная температура пайки и повышенная прочность соединения.

Припой (6) для жаропрочных материалов, работающих до $t = 950° C$. Соединения — повышенного качества. Пайка в защитной среде или вакууме при 1230—1240° С.

Припои для пайки твердосплавного инструмента (% вес).

	7	8	9
B	0,03—0,1	0,65—1,5	—
Co	—	0,65—1,5	—
Cu	59—61	До 100	До 100
Fe	—	15—30	5—25
Mn	4—6	0,7—1,5	3—15
Ni	8—10	—	3—8
Si	—	0,1—0,3	—
Zn	До 100	28,5—35	20—25

Припой (7) — повышенная пластичность соединения. Хорошая смачиваемость и растекание припоя.

Припой (8) можно применять в форме порошка, паст, прессованных пластинок.

Припой (9) ($t_{пл} = 870° C$) обеспечивает формирование высококачественного и высокопрочного соединения твердого сплава со сталью за счет оплавления части тугоплавких компонентов и увеличения толщины паяного шва. Позволяет осуществлять печную пайку в газовых защитных средах, а также на высокочастотных установках с применением флюса. Флюс может быть введен в припой в виде порошка — 20% и более. Припой наносится на инструмент в виде порошка, прессованных заготовок, пасты, паяльных пленок и другими способами.

	10	11	12
Al	0,4—0,6	—	0,4—0,6
Co	—	2,5—3,5	—
Cu	До 100	До 100	До 100
Mn	—	9—11	1,5—2,0
Mo	0,5—1,0	—	—
Ni	3—5	—	3—4
P	—	0,01—0,5	—
Si	0,1—0,2	—	—
Ti	1—2	—	—

Припои (10) и (11) — для пайки твердосплавного инструмента. Хорошее качество соединения. Припой (12) — $t_{пл} = 1020$—1050° С.

13. Паяльная смесь для напайки твердого сплава. Порошкообразный припой — 60—70; флюс — 20—24; термостойкий инертный неметаллический материал — 8—20.

В качестве термостойкого инертного материала можно использовать слюду, асбест, графит, каолин, кварц, титан, окись алюминия.

14. Таблетированный припой для напайки ТВЧ пластинок твердого сплава: обезвоженный флюс ($Na_2B_4O_7$, H_3BO_3, CaF_2) — 25; порошок припоя ПрМКМц68-4-2 — 60; порошок меди — 15. Смесь прессуют в прессформах.

Припои повышенной плотности (вакуумплотные припои), предназначенные для соединений деталей электровакуумных и вакуумных изделий (% вес.):

15. Ga — 60,4; In — 27,6; Sn — 12. Состав в количестве 30% смешивается с 70% серебряного порошка.

16. Ga — 60,4; In — 27,6; Sn — 12. Состав в количестве 10% смешивается с 90% серебряного порошка.

Припои (15) и (16) — крайние представители диапазона составов, образующих в интервале 500—1000° С прочное соединение, выдерживающее многократный нагрев до 800° С без нарушения вакуума. Припои наносятся на соединяемые поверхности при 20° С без применения флюса. Можно соединить медь с медью, молибденом, вольфрамом, никелем, коваром, нержавеющей сталью, керамикой.

	17	18	19
Ag	60—70	60—70	
Au	—	—	40—50
B	0,02—0,15	—	—
Co	0,5—3,0	—	1,0
Cu		До 100%	
Ge	—	0,5—5,0	1—5,5
Pd	1—3	10—20	—
Si	—	0,5—30	—

Припой (17) — с самофлюсующими свойствами. $t_{пл}$ = 840—870° С; $\sigma_{срез}$ = 23 кгс/мм². Стыковые соединения при пайке керамики, а также керамики с медью и коваром имеют $\sigma_{и}$ = 10 кгс/мм².

Припой (18) — для пайки палладия и его сплавов. Обеспечивает хорошую вакуумную плотность и сниженную пористость шва.

Пайка припоем (19) — при 900—920° С. В шве мало дефектов.

	20	21	22	23
B	0,05—0,25	0,3—1,5	0,05	0,05—0,1
Be	—	—	—	0,6
Cu		Везде до 100%		
Ge	6,5—9,0	3—6,5	9,5	—
Ni	0,1—2,5	0,1—2,5	0,1—2,5	—
Si	—	—	—	1,5
Sn	0,5—1,5	—	—	5

Припой (20) — для пайки узлов электровакуумных приборов. Прочен и пластичен при расширении капиллярных зазоров. Применим для меди, ковара, электротехнической стали, молибдена, металлизированной керамики — в водороде и вакууме при $t_{пайки}$ = 1000—1040° С. Допускает зазоры до 0,2 мм.

Припои (21) и (22) — для вакуум-плотной пайки. Интервал плавления — 985—1015° С. Хорошо растекается в нейтральной и восстановительной среде по меди, ковару, никелю. $t_{пайки}$ = 1000—1020° С.

Припой (23) — для вакуум-плотного соединения меди с молибденом (ПрМБ0,60л5). Бор вводится в сплав в виде лигатуры (2,8% В), бериллий — в виде лигатуры (12% Be). $\sigma_{в}$ = 37,5 кгс/мм²; δ = 33%; ψ = 36,2%; $\rho_{уд}$ = 18,2 мкОм·см; ρ = 8,7 г/см³; $t_{пл}$ = 980—1000° С; $t_{пайки}$ = 1010—1020° С. Окалиностойкость при 800° С выше, чем меди. Пайка в вакууме, инертных газах, водороде.

	24	25	26	27
Co	0,1—0,2	0,1—0,8	0,2—0,8	—
Cu		До 100%		
Fe	—	0,01—0,2	0,01—0,2	—
Ge	11—12	0,8—2,0	—	7—10
Ni	—	17—27	17—27	1—2
Si	—	—	0,1—0,6	—

Припой (24) — для вакуум-плотной пайки меди, ковара, электротехнической стали, никеля, молибдена, металлизированной керамики — в водороде и вакууме при 1000—1040°. Допускает зазоры 0,01—0,08 мм.

Припои (25) и (26) — для пайки электровакуумных изделий. При 1160—1250° С хорошо смачивают железо, никель и их сплавы (ковар, фени), молибдено-марганцевое покрытие на керамике. Состав (26) имеет низкую температуру плавления. Позволяет паять металлизированную керамику (27). Вакуум-плотный припой для бесфлюсовой пайки. Пайку ведут в восстановительной или нейтральной среде, либо в вакууме.

28. Припои для пайки узлов электровакуумных приборов: Ga—12—20; Ge—2—6; Cu — до 100%. $t_{пл}$ = 960—990° С. Хорошо растекается по меди, стали, молибдену, удовлетворительно — по константану, мельхиору, никелю и ковару. $t_{пайки}$ = 980—1000° С. (Применим для крупных узлов).

29. Припой для вакуум-плотной пайки. Mn — 6—11; Ni — 3—12; Cu — 4,5; Cr — 0,1—6,0; C — 2,0—4,3; Si — 2,0—5,0; B — 0,6—1,0; Fe — до 100%. (Можно для повышения самофлюсующих свойств вводить Ti — до 3% и Ca — до 0,3%.)

30. Твердый фосфористый припой для пайки медных сплавов и стали. Fe — 0,5—1,0; Zn — 21—27; P — 4—8; Cu — до 100%. $t_{пл}$ = 690—700° С. Стыковые соединения ТВЧ и газовой горелкой имеют $\sigma_{в}$ = 23—26 кгс/мм². Твердые фосфористые припои выплавляются в графито-шамотном тигле. В качестве шихтовых материалов используются медно-фосфористая лигатура МФ-1 с содержанием фосфора не менее 9%, цинк (ЦО), армко-железо или ТЧ и медь (МО). В тигель загружаются лигатура МФ-1, медь и железо. Расплавление ведется под слоем древесного угля. После полного расплавления шихты ванна подстуживается, и под слой угля вводится цинк. По окончании расплавления цинка сплав подогревается до 760—780° С. Разливку его производят в предварительно подогретой до 300—400° ванне. Припои хорошо поддаются обработке давлением (прокатке, резке, горячему прессованию при температуре 400—500° С).

31. Припой для пайки углеродистых и нержавеющих сталей. V — 0,01—5; Ge — 0,01—1; Co — 20—40; Si — 0,3—1; Mn — 30—70; Cu — 5—15; Ni — 1—15; Zr — 0,01—5. (Повышенные пластические и прочностные свойства шва.

Пайка в вакууме при 1150° С. Зазор при пайке от 0,05 до 1 мм.)

Припои для пайки стали, меди и ее сплавов:

	33	34
B	—	0,01—0,03
Cd	30—34	10—14
Cu	До 100%	
Ti	До 0,3	0,02—0,5
Ag	34—36	28—32
Zn	10—16	28—32

Припой (34) ($t_{пл}$ = 650—719° С) более технологичен, чем (33), и может быть в форме проволоки, фольги, колец, шайб и т. п.

35. Припой П-58 для соединений, работающих при вибрации. Cd — 3—4; Cu — 58—59; Sn — 2—3; Zn — 32—33. $t_{пл}$ = 840—850° С. (Готовится из латуни Л-62 и чистых металлов. Плавка при 1200° С в тигельной электропечи. Раскисление 0,05% фосфористой меди или засыпка зеркала порошком обезвоженной буры. Разливка тонкой струей между двумя керамическими плитками.)

36. Припой для пайки и пайко-сварки чугуна. Cu — 48—50; Ni — 3,5—4,5; Mn — 9—10,5; Al — 0,15—0,25; Sn — 0,8—1,0; Zn — до 100%. $t_{пл}$=847° С. Твердость шва НВ=160—170 кгс/мм². Шов плотный.

37. Припой для пайки пластинок быстрорежущей стали. Fe — 14—18; Si — 0,5—1,5; Mn — 1,5—3; Ni — 7—10; Cu — до 100%. (Паяное соединение имеет сниженную склонность к трещинообразованию).

38. Припой для пайки элементов силовых полупроводниковых приборов. Ni — 0,05—0,15; Cu — 0,05—0,15; Sb — 0,3—0,7; Te — 0,005—0,01; Sn — до 100%. (Соединения обладают повышенной термоциклической устойчивостью).

39. Припой для пайки кремния. Ni — 0,1—2; Cu — 10—40; Ge — 0,1—5; Ag — до 100%. Для придания припою акцепторных или донорных свойств в его состав можно вводить элемент из группы B, Ga, Sb в количестве 0,1—3%. (Повышенное качество соединения и снижение температуры пайки.)

40. Припой для пайки термоэлектронных эмиттеров на основе солей бария. Глицерин — 10—15% к весу припоя (сверх 100%); рений — 45—50; силицид молибдена — остальное. $t_{пл}$ = 1850—1950° С. Суспензию наносят на узел, сушат при 100—150° С 1 ч, нагревают в среде водорода 10—30 мин до 1850—1800° С.

Твердые припои применяются также для соединения металлов с неметаллами.

41. Припой для пайки ситалла с металлами получают введением в серебряный припой 15—20% Ti, а в медный припой — 20—25% Ti или Zr. Пайка ведется в вакууме или в аргоне. Возможен нагрев ТВЧ.

42. Припой для пайки керамики к металлу можно получить, вводя в медно-серебряный припой (Cu — 28; Ag — 72) 20—50% смеси порошков вольфрама и марганца, содержащей 5—40% марганца и остальное — вольфрам.

43. Паста для пайки керамики (95—99% Al_2O_3) с металлом: Mo — 80; Mn — 15; Li_2CO_3 — 5. Прочность соединений без предварительного вжигания пасты — 16—20 кгс/мм².

Припои для пайки керамики с металлом:

	44	45	46
Fe	10—20	—	—
Mo	5—30	—	—
Nb	—	20—40	15—20
Ni	10—30	—	До 100
Pd	10—50	20—60	—
Ti	—	—	10—15
V	—	20—40	5—6

Припой (44) — для пайки корундовой керамики, металлизированной вольфрамом. Обладает повышенной стойкостью в парах щелочных металлов. Припой (45) — для пайки керамики с тугоплавкими металлами. Стоек в парах щелочных металлов. Припой (46) — для пайки керамики со сплавами ниобия и никеля. Хорошее смачивание. Повышенная прочность соединения.

47. Припой для пайки металлов и керамики: Mo — 0,1—1,0; Cu — 25—30; Ni — 0,1—1,0; Ag — до 100. (Повышенная прочность и термостойкость соединений).

48. Для пайки металла с металлизированной керамикой применяют в качестве основы составы: Fe — 3,0; Co — 0,5—10; Cu — до 100% или Co — 0,5—10; Cu — до 100. В эти составы при плавке можно вводить один из следующих компонентов: Si — до 3%; Ge — до 12%; Sn — до 3%; Ti или Zr — до 2%. Пайка ведется в неокисляющей атмосфере.

Припои для пайки углеграфитовых электродов со стальными токоподводами. **49.** Cu — 53—64; Ti или Zr — 0,05—0,5; Zn — до 100%.

50. Zn — 31—38; Ti или Zr — 5—20; Cu — до 100%.

1.3. САМОФЛЮСУЮЩИЕ ПРИПОИ

Наряду с обычными припоями, применяемыми в сопровождении соответствующих флюсов, химически очищающих поверхность деталей при пайке и растворяющих окислы, в последние годы широкое распространение получили самофлюсующие припои, обладающие способностью в процессе пайки одновременно выполнять функции флюсов, способствуя удалению окисных пленок с соединяемых поверхностей.

Такие самофлюсующие припои наиболее активно производят свое действие в нейтральной или восстановительной среде. Отличительной их особенностью, обусловливающей способность к флюсованию, является присутствие в основном составе добавок лития, кремния, бора, фосфора либо германия. Число известных самофлюсующих припоев весьма велико. Ниже приводятся составы некоторых из них (стр. 117).

Для удобства пользования они расположены внутри каждой группы в порядке возрастания температур ликвидуса или плавления. Основные назначения широко применяемых самофлюсующих припоев (1) — (14) приводятся ниже. Цифра в круглых скобках после номера припоя (780° С) указывает на температуру или начало интервала плавления в °С. Номера в прямых скобках [1, 4] после состава припоя указывают на основное назначение его соответственно следующему перечню:

1 — прочная пайка армко-железа, большинства сталей, а также медных и железоникелевых сплавов в нейтральной среде или водороде;

2 — пайка тонкостенных конструкций из нержавеющих сталей в среде аргона или гелия;

3 — пайка жаропрочных сплавов в среде с газообразным флюсом;

4 — пайка высокопрочных и нержавеющих сталей, обеспечивающая высокую прочность соединения при отрицательных и повышенных температурах;

5 — пайка стали и жаропрочных сплавов;

6 — высокопрочная вакуум-плотная пайка нержавеющих сталей, прочная при высоких температурах;

7 — пайка изделий в среде защитных газов и в вакууме. Припои универсальны. Применяются для пайки стали, меди и других металлов. Соединения прочны и вакуумно-плотны при многократных сменах температуры;

8 — пайка меди и медных сплавов в нейтральной среде. Пайка изделий малой металлоемкости на воздухе без флюса;

9 — прочная пайка железа, ковара, никеля, меди и их сочетаний между собой;

10 — высокотемпературная пайка нержавеющих сталей;

11 — прочная пайка вакуумно-плотных соединений из углеродистых и нержавеющих сталей. Среда — аргон или вакуум.

Некоторые широко применяемые самофлюсующие припои (% вес.):

1. (685° С) Cu—92,5; Ag—2,3; P—5,2 [8].
2. (710° С) Cu—98,6; Ag—4,9; P—5,5 [8].
3. (710° С) Cu—92,5; P—7,5 [8].
4. (800° С) Ag—71,5—72,5; Cu—27,3—28,5; Ni—0,7—1,3; Li—0,4—0,6 [1, 2, 3].
5. (810° С) Cu—80,2; Ag—15,0; P—4,8 [8].
6. (900° С) B—до 0,15; Co—0,3—0,5; Pd—14,5—15,5; Ag—64,4—65,6 [1, 7].
7. (850—970° С) Ge—12; Cu—88 [9].
8. (1000° С) B—до 0,15; Be—0,5—0,7; Si—1,3—1,7; Cu—92,8; Sn—4,5—5,5 [1, 7].
9. (1000° С) Fe—0,8—1,2; Li—0,15—0,25; Mn—22—26; Ni—5—6; Cu—до 100% [1, 4].
10. (1050° С) B—до 0,1; Cu—94,45; Ni—0,3—0,45; Sn—4,5—5,0 [1, 7].
11. (1050° С) B—0,15—0,25; Fe—0,8—1,2; K—0,01—0,2; Co—4,5—5,5; Li—0,15—0,30; Mn—27—29; Na—0,05—0,15; Ni—27—29; P—0,1—0,2; Cu—до 100% [1, 4].
12. (1100° С) Si—20; Cu—83; Ni—15 [5, 6].
13. (1150° С) B—0,1; Si—1,5; Cu—73,4; Ni—25 [5, 6].
14. (1220° С) Si—1,2; Cu—46,8; Ni—50; Sn—2 [5, 6].

Ниже приводятся типовые составы основных групп самофлюсующих припоев. (Назначение их в основном аналогично назначению близких по составу припоев, приведенных выше).

Припои, содержащие B. 1. (830°С) B—3,6; Pt—до 100%.
2. (871° С) B—0,15; Mn—35; Cu—до 100%.
3. (1038° С) B—3,25; Si—4,5; Ni—91,25.
4. (1065° С) B—1,0; Co—16; Mn—67, Ni—16.
5. (1100° С) B—4; Ni—78; Cr—18.
6. (1080—1120° С) B—0,1—0,3; Fe—1,5; Si—1,5—2; Cu—66,3—69,8; Ni—27—30.
7. (1149—1230° С) B—0,01—0,1; Li—0,05—0,3; Ni—40, Pd—до 100%.
8. (1260° С) B—3—4; W—17—22; Fe—55—67; Cr—13—19.

Припои, содержащие Ge. 1. (840—870° С) B—0,02; Ge—2; Ni—1; Ag—68; Cu—до 100%.
2. (960—990° С) Ge—8—12; Cu—80—90; Pd—2—12.
3. (1066° С) Ge—30; Ni—57; Cr—13.
4. (1160° С) Ge—0,2; Fe—2,4; Mn—37,5; Cu—58,5; Ni—1,4.

Припои, содержащие Si. 1. (500—600° С) Au—46; Si—3; Ni—1; Ag—46; Sb—32,5; Zn—17,5.
2. (600° С) Si—26; Cu—16,7; Ni—0,3; Ag—40; Zn—17.
3. (700° С) B—12—14; Cd—25—26; Si—0,15; Cu—12—13; Sn—0,5—0,9; Ag—48—50; Zn—12—14.
4. (875—900° С) B—0,1; Fe—2—3; Si—0,3; Mn—до 100%; Cu—24—25; Ni—20—21; Zn—14—15.
5. (905° С) Si—0,3; Cu—60—63; Sn—0,4—0,6; Zn—до 100.
6. (1036° С) Si—8; Mn—17; Ni—до 100; Cr—0—15.
7. (1038° С) Si—9; Ni—45; Pd—36; Cr—10.
8. (1000—1050° С) Si—2; Cu—98.
9. (1045—1082° С) Si—5; Ni—58; Sn—25; Pd—10.
10. (1100—1120° С) Fe—3,0; Si—1,6; Mn—3; Cu—54,4; Ni—35; Cr—3.
11. (1150° С) Si—10,0; Ni—70; Cr—20.
12. (1190° С) Fe—12—14; Si—1—1,8; Mn—4,2—5; Cu—66—72; Ni—10—14.
13. (1195° С) Co—87,5; Si—12,5.

Припои, содержащие Li. 1. (760° С) Li—3; Ag—97.
2. (880—900° С) Li—0,15; Ni—1; Ag—72; Cu—до 100%.
3. (960° С) Fe—0,8—1,2; Li—0,85—0,25; Mn—22—26; Ni—5—6; Cu—до 100%.
4. (1024° С) Li—0,5; Cu—15; Ag—84,5.
5. (1210—1220° С) B—0,05; Li—0,2; Ni—40; Pd—59,7.

Припои, содержащие P. 1. (650—710° С) Cu—70; Ag—25—28; P—до 5.
2. (754—912° С) Si—0,15; Cu—46—48; Ni—10—11; Ag—1,0; P—до 1; Zn—40—41.
3. (950° С) P—4,75—5,25; Cu—до 100%.
4. (1030° С) Fe—33; Ni—56; P—до 11.

2. ФЛЮСЫ

В отличие от сварочных флюсов применяемые при пайке расплавленными припоями флюсы имеют более ограниченные задачи — предохранять соединяемые поверхности от окисления и растворять имеющиеся на них окислы, а также улучшать смачивание поверхностей припоем.

Соответственно рабочему диапазону температур пайки, определяемому характером припоев, паяльные флюсы делятся на две основные группы: низкотемпературные, или флюсы для мягкой пайки, и высокотемпературные, или флюсы для твердой пайки.

2.1. НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ФЛЮСЫ

Флюсы для мягкой пайки используются преимущественно при пайке оловом, свинцом и сплавами на их основе. Рабочие температуры ($t_{раб}$) при пайке этими материалами находятся в диапазоне 180—350° С. Соответственно в их составы входят компоненты, переходящие в жидкое состояние или испаряющиеся в этих температурных интервалах.

Одним из наиболее широко применяемых компонентов низкотемпературных флю-

сов является канифоль. Она имеет низкую температуру плавления (70—100° С), легко растворяется во многих органических растворителях, не оказывает коррозионного действия на металл, но как флюс относительно слабо активна, если применяется без каких-либо добавок. При перегреве канифоль темнеет, в ней происходят химические превращения и она частично теряет флюсующую способность.

Сильно активные флюсы содержат хлористые соли — хлорид цинка ($ZnCl_2$), хлорид аммония (NH_4Cl), смесь хлоридов ($ZnCl_2 + NH_4Cl$). Находит применение в этих флюсах солянокислый (хлористый) гидразин ($N_2H_4 \cdot HCl$), плавящийся при 198° С и применяемый в водных растворах, остатки которых легко смываются после пайки. Известно применение водных растворов молочной кислоты.

В многочисленных рецептурных комбинациях веществ, составляющих низкотемпературные жидкие и пастообразные флюсы, наиболее известны следующие.

Неорганические флюсы. 1. Активная часть — кислоты (соляная, плавиковая, фосфорная) + носитель (вода, петролатумная паста).

2. Активная часть — соли (хлористый цинк, хлористый аммоний, хлористое олово) + носитель (вода, петролатумная паста, этиленгликоль, глицерин, этиловый спирт, ланолин, вазелин, парафиновое масло, говяжий жир, растительное масло).

Органические бесканифольные флюсы. 1. Активная часть — органические кислоты (молочная, олеиновая, салициловая, стеариновая, глютаминовая, фталевая) + носитель (вода, органические растворители, петролатумная паста, этиленгликоль, глицерин).

2. Активная часть — галогениды (солянокислый анилин, хлорид глютамина, солянокислый или бромистый гидразин, бромпроизводные пальмитиновой кислоты) + те же носители, что и с органическими кислотами.

3. Амины и амиды (мочевина, этилендиамин, триэтаноламин, диэтиламин) + вода, органические растворители, полиэтиленгликоль, глицерин.

Органические канифольные флюсы. 1. Чистая светлая канифоль с активаторами + этиловый спирт, изопропиловый спирт, органические растворители, полиэтиленгликоль.

2. Только чистая светлая канифоль + + те же носители, что и выше.

Ниже приводятся некоторые составы флюсов, находящих практическое применение (% вес.).

Флюсы для пайки электрорадиотехнических деталей. 1. Канифоль — 15—30; спирт этиловый — 85—70.

2. Канифоль — 100.

3. Канифоль — 50; полиамидная смола — 50.

4. Канифоль — 40; бензин — 60.

5. Канифоль — 30; спирт этиловый — 70.

6. Канифоль — 24; стеарин — 1; спирт этиловый — 75.

7. Канифоль — 5; скипидар — 23; олеин — 22; спирт этиловый — 50.

8. Канифоль — 500 г; спирт этиловый — 600 мл; толуол — 300 мл; краситель красный органический — 0,5 г. (Перемешивать 12 ч в шаровой мельнице, хранить в закрытой бутыли.)

	9	10	11
Канифоль, г	500	500	30
Бензин чистый, мл	200	800	—
Спирт этиловый, мл	680	—	70

	12	13
Канифоль, г	500	500
Толуол, мл	—	300
Ксилол, мл	800	—
Спирт этиловый, мл	—	600

В составы добавляют (0,5 г/л) красный органический краситель. Приготовление составов — перемешивание 12 ч в шаровой мельнице. Хранение — в закрытой бутыли.

14. Аммония цитрат — 600 г; глицерин — 600 г; салициловая кислота — 40 г (для мелких деталей и электротехнических соединений).

15. Канифоль — 10—40; азеотропная смесь (77 вес. ч. метиленхлорида + 23 этилового спирта) — 90—60. (Легкоудаляемый флюс.)

Паяльные лаки. 1. Анилин солянокислый — 6; канифоль — 22; спирт этиловый — 70; ТЭА — 2.

2. Канифоль — 24; метафенилендиамин — 4; спирт этиловый — 70.

3. Диэтиламин солянокислый — 4; канифоль — 24; спирт этиловый — 70; триэтаноламин — 2.

4. Канифоль — 15—30; триэтаноламинолеат — 1—4; этиловый спирт — до 100%. (Повышенная эффективность.)

Активированные канифольные флюсы:

	1	2	3	4
Анилин солянокислый	2	2	1	2
Глицерин	—	1	—	2
Канифоль	22	97	20	55
Спирт этиловый	76	—	79	41

	5	6
Анилин солянокислый	—	9
Канифоль	20	44
Молочная кислота	5	36
Спирт этиловый	75	11

7. Канифоль — 30; спирт этиловый — 60; уксусная кислота — 10.

8. Канифоль — 25; гидразин солянокислый — 5; спирт этиловый — 70.

9. Канифоль — 50; муравьиная кислота — 40; щавелевая кислота — 10.

10. Канифоль — 24; спирт этиловый — 75; цинк хлористый — 1;

11. Канифоль — 40; салициловая кислота — 3; спирт этиловый — 55; ТЭА — 2.

12. Канифоль — 28; аммоний хлористый — 2; спирт этиловый — 65; цинк хлористый — 5.

13. Канифоль — 20; лимонная кислота — 3; спирт этиловый — 75; ТЭА — 2.

14. Ацетон — 4; воск пчелиный — 0,25; гидразин солянокислый — 0,25; дибутилфталат — 0,25; канифоль — 5; ксилол — 42; поливинилбутираль — 1,25; спирт этиловый — 5; толуол — 42.

15. NH_4Cl — 1; канифоль — 3; цинк хлористый — 30; спирт этиловый — 66. $t_{раб}$ = = 190—350° С. (Для пайки меди, латуни и оцинкованного железа.) Через сутки после приготовления сливают жидкую часть с остатка. Швы промывают ацетоном, смывкой или скипидаром.

16. Флюс для пайки мягкими припоями. К 82 мл канифольного флюса добавляют 6 мл муравьиной кислоты, затем 12 мл 25%-ной аммиачной воды и перемешивают. $t_{пайки}$ = 200—400° С. Активатор (муравьинокислый аммоний) разлагается при 180° С — ниже температуры пайки. Применим для пайки никеля и его сплавов, железа, меди и ее сплавов.

17. Нетоксичный некоррозионный флюс для пайки мягкими припоями. Полиэтиленгликолевый диэфир и тетрахлорфталевый ангидрид в соотношении 1 : 2 растворяют в воде до получения 40—80%-ного раствора. Диэфиры синтезируют при молярном соотношении исходных реагентов 1 : 2, реакция ведется в расплаве при 135—145° С в атмосфере инертного газа до достижения расчетного кислотного числа.

18. Канифоль (порошок) — 250 г; спирт этиловый — 500 мл (А). Анилин солянокислый — 20 г; спирт этиловый — 300 мл (Б). Составы (А) и (Б) смешать перед употреблением. (Для пайки мелких, недостаточно очищенных деталей, проволок.)

19. Канифоль (порошок) — 175 г; спирт этиловый — 730 мл (А). NH_4Cl — 3,6 г; вода — 30 мл; глицерин — 270 г; $ZnCl_2$ — 36 г (Б). Перед употреблением смешать (А) и (Б), добавить 0,1 г метилоранжа. (Для пайки мелких и крупных деталей, толстой проволоки, мелких узлов приборов.)

	20	21	22
Канифоль	380	60	30
Спирт этиловый	500	620	400
Фосфорная кислота	120	320	100

Флюсы (20), (22) — для пайки мягкими припоями, (21) — для пайки хромоникелевых сталей. (Коррозии не вызывает. Перед пайкой тщательно зачищать. $t_{раб}$ = 240—250° С.)

23. Канифоль — 30; NH_4Cl — 1; фосфорная кислота — 29; ТЭА — 2; $ZnCl_2$ — 3; этиловый спирт — 66. (Пайка меди и медных сплавов, углеродистой стали.)

24. Бензолсульфонатметилсульфат алкиламинометильного производного полиэтиленгликолевого эфира высших жирных спиртов или алкифенолов — 5—70; пластификатор (например, глицерин) — до 100%. В состав флюса можно вводить природную смолу — до 30%; растворитель — до 20%; ТЭА — до 0,05%.

25. Флюс для пайки радиаторов. $ZnCl_2$ — 3,5—4,6; ТЭА (хлористый) — 2,5—3; гидроксиламин хлористый — 0,5—1; вода — до 100%. (Повышенная коррозионная стойкость изделий.)

Паяльные пасты-флюсы:

	1	2	3	4
Вазелин	80	100	74	65
$ZnCl_2$	15	—	20	20
H_2O	—	—	1	12
NH_4Cl	5	—	5	3

5. Канифоль — 20; стеарин — 20; $ZnCl_2$ — 15; анилин солянокислый — 3; вазелин — 35; вода — 7.

6. Вазелин — 80; канифоль — 16; $ZnCl_2$ — 4.

7. Масло ИС — 48; воск — 12; канифоль — 15; глицерин — 15; $ZnCl_2$ — 10.

8. NH_4Cl (насыщенный раствор)—18; анилин солянокислый—5; спирт этиловый—30; глицерин технический—45; ТЭА—2.

9. Канифоль—34; касторовое масло—26; стеарин—14; NH_4Cl—8; $ZnCl_2$—7; H_2O—11.

10. Канифоль—21; стеарин—21; $ZnCl_2$—15; $AlCl_3$—3; вазелин—34; H_2O—6.

11. Канифоль—55; животный жир—25; NH_4Cl—10; $ZnCl_2$—5; H_2O—5.

12. Вазелин—45; канифоль—30; глицерин—15; $ZnCl_2$—6; парафин—4.

13. Вазелин—90; бензойная кислота—5; NH_4Cl—5.

14. Глицерин—74; NH_4Cl—4; бензойная кислота—4; поливиниловый спирт—3; H_2O—15.

15. Стеарин—100.

(вес. ч.)

16. Ланолин—220; парафиновое масло—580 (А). Расплавить при перемешивании на водяной бане. NH_4Cl—9; H_2O—100; $ZnCl_2$—90 (Б). Составы (А) и (Б) тщательно перемешать, перелить в тару и остудить. Наносить палочкой, кистью или шпателем.

17. Вазелин технический—600; ланолин—200 (А). Расплавить и перемешать (Б): NH_4Cl—20; вода—100; $ZnCl_2$—200. Составы (А) и (Б) перемешать и перелить в тару для охлаждения.

18. NH_4Cl—5—6; бензойная кислота—5—6; вазелин—86—88; ОП-7—0,8—1. (Флюс обладает повышенной смачиваемостью и предохраняет зону пайки от окисления).

19. Вазелин—90; $ZnCl_2$—10; H_2O—10. Нагревание 3—4 ч при 70—80°, перемешивание непрерывное, охлаждение до 30° С при перемешивании.

20. NH_4Cl—100; говяжий жир — 300; канифоль — 500; масло растительное — 100. Масло, канифоль и жир расплавить, добавить тонкоизмельченный хлористый аммоний, тщательно перемешать, влить в горячем виде в сосуд для хранения. Для пайки мелких деталей.

21. NH_4Cl—100; масло минеральное — 900. Растереть вместе. Хранить в закрытой посуде. Применяется непосредственно или в водной эмульсии. Масло можно заменить керосином.

(% вес.)

22. Канифоль — 10; парафин — 55; стеарин — 35; ТЭА — 2 (сверх 100%). (Для пайки навесных радиотехнических и электротехнических элементов припоем ПОС61).

Флюсы на солянокислом гидразине.

1. Вода —95; гидразин солянокислый —5.
2. Вода — 60; глицерин — 35; гидразин солянокислый — 5.
3. Гидразин солянокислый — 4; спирт этиловый — 50; этиленгликоль — 46.
4. Дигидрохлорид гидразина — 3; дигидробромид гидразина — 3; полиамидная смола — 12; спирт этиловый — 82.
5. Гидразингидрат — 1,2—1,3; гидразин хлористый — 2—4; этиленгликоль — 25—50; этиловый спирт — до 100%. (Пайка бронзы с другими медными сплавами; углеродистых сталей между собой; меди с медью; медных сплавов между собой.)
6. NH_4Cl—29—32; гидразингидрат — 2,5—4; гидразин хлористый — 6—8; этиленгликоль — 40—50; этиловый спирт — до 100%. (Пайка меди с медью; медных сплавов между собой; углеродистых сталей между собой; нержавеющих сталей между собой.)

Флюсы для капиллярных соединений мягкими припоями:

	7	8
Вода	До 100%	До 100%
Гидразин солянокислый	5	1—2
Глицерин	35	5—12,5
Спирт этиловый	—	28,5—44

Состав (8) обеспечивает повышенную коррозионную стойкость соединения при повышенной влажности; технологичен, не требует промывки после пайки. Гидразин растворяют в воде, добавляют спирт и глицерин, перемешивают 1,5 мин, нейтрализуют аммиаком, опускают кусочек металлического цинка, выдерживают 24 ч.

Флюсы на основе хлористых солей:

	1	2	3	4
$ZnCl_2$	40	10—50	10—50	10—50
NH_4Cl	—	5—10	5—10	—
H_2O	60	85—40	80—10	65—15
HCl	—	—	5—30	25—35

	5	6	7
$ZnCl_2$	12	48	30
H_2O	36	42	70
HCl	40	22	—

Флюс (5) — нержавеющие стали между собой; (6) — медь + медь; латунь + сталь; медь + сталь; (7) — сталь, медь и ее сплавы при 290—350° С.

	8	9	10	11
$ZnCl_2$	30	25	25	48
H_2O	60	500	50	40
NH_4Cl	15	50		12
HCl	15	—	25	10

Флюс (9)—для грубых деталей; (10)—нержавеющие стали между собой; (11)—медные сплавы, углеродистые стали, цинк, бронзы.

	12	13	14	15
$ZnCl_2$	25	18	48	35
H_2O	75	76	52	5
NH_4Cl	—	6	—	20

Флюсы (12)—(14)—медные сплавы между собой; углеродистые стали между собой; бронзы с медью. Активны от 180° С. $t_{раб}$=180—320° С; флюс (15)—чугун+чугун.

16. NH_4Cl—16 г; вода—100 мл; глицерин—500 мл; спирт этиловый—300 мл; $ZnCl_2$—100 г.

Паяльная жидкость для крупных конструкционных узлов из цветных металлов и стали. Можно применять для загрязненных деталей.

17. $ZnCl_2$—70; NaCl—15; NH_4Cl—15.
18. $CdCl_2$—15—50; NaCl—10—25; $ZnCl_2$—20—65; NH_4Cl—2—10.

Флюсы (17), (18) — пайка и лужение железа, чугуна, стали, меди, латуни, бронзы, свинца, никеля, серебра.

19. $ZnCl_2$—40; $SnCl_2$—5; $CuCl_2$—0,5; HCl—3,5; H_2O—51. (Пайка стали, железа, чугунов припоями с большим содержанием свинца. Применим без предварительного облуживания стали оловом).
20. $ZnCl_2$—40; $SnCl_2$—2; KCl—1; HCl—2; H_2O—54. (Пайка стали, чугуна, меди и ее сплавов малооловянистыми припоями, а также припоями на основе висмута, кадмия и цинка).
21. $ZnCl_2$—40; NaCl—5; $CuCl_2$—1; HCl—1 KCl—1; H_2O—52. (Пайка стали, медных сплавов, оцинкованного железа малооловянистыми и цинковыми припоями).
22. $ZnCl_2$—50; NH_4Cl—5; HF—2; H_2O—43. (Пайка чугуна).
23. $ZnCl_2$—40; NaCl—5; KCl—1; H_2O—54. (Пайка стали, оцинкованного железа и медных сплавов малооловянистыми припоями).
24. $ZnCl_2$—40; NaCl—20; $CuCl_2$—2; HCl—1; H_2O—37. (Пайка меди и ее сплавов цинковыми припоями).
25. $ZnCl_2$—40; $SnCl_2$—2,5; NaCl—10; HCl—2; H_2O—45,5.
26. $ZnCl_2$—40; $SnCl_2$—4; ($CuCl_2$—0,5; NaCl—10; HCl—2,5; H_2O—43. (25), (26) — пайка стали висмутовыми припоями.
27. NaCl—50; $CdCl_2$—30; $ZnCl_2$—15; NH_4Cl—5. (Пайка меди и ее сплавов припоями на основе кадмия с $t_{пл}$=400° С).
28. $ZnCl_2$—15; NH_4Cl—1,5; HCl—36; спирт-денатурат—12,8; H_3PO_4—2,2; $FeCl_3$—0,6; H_2O—31,9. (Пайка углеродистых сталей).
29. $ZnCl_2$—45; NH_4Cl—40; $SnCl_2$—5; $BaCl_2$—5; $CuCl_2$—5. (Пайка чугуна, стали, меди и ее сплавов).
30. $ZnCl_2$—25; NH_4Cl—25; глицерин—25; H_2O—25. (Пайка монель-металла).
31. $ZnCl_2$—30; $SnCl_2$—5; HCl—5; H_2O—60. (Пайка стали).
32. $ZnCl_2$—30; $SnCl_2$—5; HCl—5; H_2O—60. (Пайка стали висмутом и свинцом).
33. $CoCl_2$—30—35; $NiCl_2$—30—35; NH_4F—до 100%. (Пайка жаропрочных и нержавеющих сталей. Наносится в сметанообразном состоянии, не требует предварительного никелирования).
34. NH_4Cl—9—10; CuCl—0,9—1; $SnCl_2$—14—16; $ZnCl_2$—39—41; H_2O—до 100%. (Для механизированной наплавки оловянистого баббита на сталь без предварительного лужения. Хорошее растекание баббита).

35. NH_4Cl—10—15; анилин солянокислый—15—17; NaF—2—3; $SnCl_2$—4—6; $ZnCl_2$—45—55; ацетат целлюлозы—до 100%. (Флюс для гомогенного свинцевания. $t_{раб}$=270° С. Можно наносить на вертикальные и наклонные поверхности).

36. NH_4Cl—4—5; анилин солянокислый—18—20; карбамид—74—77. (Наполнитель в трубчатых припоях).

37. CuO—1 вес. ч.; NH_4Cl—1,5 вес. ч. (Пайка стали; не требует предварительной очистки поверхности).

Активные коррозионные флюсы для пайки нержавеющей стали:

	1	2	3
$ZnCl_2$	100	75	50
HCl	—	25	1
NH_4Cl	—	—	5
H_2O	—	—	44

4. $ZnCl_2$ (насыщенный раствор)—70; HCl—25; HF—5.
5. H_3PO_4—100.
6. H_3PO_4—99; $CuSO_4$—1.
7. $ZnCl_2$—9; LiCl—1; HCl—10; H_3PO_4—50; H_2O—30.
8. $ZnCl_2$—30; NH_4Cl—10; CuCl—10; HCl—50.
9. $ZnCl_2$—36; NH_4Cl—3; $SnCl_2$—3; HCl—1; H_2O—57.
10. $ZnCl_2$—90; уксусная кислота—10.

Флюсы со спиртом и глицерином:

	1	2	3
NaCl	—	—	0,12
NH_4Cl	32	3	4
Глицерин, мл	400	26	22
H_2O	350	—	—
$ZnCl_2$	320	72	До 100
Метилоранж, г	0,1	—	—

(1) — пайка сильно загрязненных деталей из железа, стали и цветных металлов; (2) — (3) — пайка меди и ее сплавов, стали и оцинкованного железа.

4. Глицерин — 95; диэтиламин солянокислый — 5. (Пайка меди и ее сплавов, металлов, покрытых никелем, цинком, серебром.)

5. Глицерин — 40; $CdCl_2$—10; SnCl—5; HCl—5; H_2O—40. (Пайка стали).

6. Глицерин — 35; гидразин солянокислый — 5; H_2O—60.

7. Спирт этиловый — 46; фосфорная кислота — 9; H_2O—45.

8. Спирт этиловый — 73; бензин — 18; нафталин — 4,8; $ZnCl_2$—2; глицерин — 2; HCl—0,2.

(6) — (8) — пайка меди и ее сплавов, никели, серебра, железа и стали.

9. Глицерин — 49; анилин солянокислый — 2; спирт этиловый — 36,5; бензол — 9; нафталин — 2,4; HCl — 0,1; $ZnCl_2$ — 1 (Пайка медных сплавов и оцинкованного железа.)

10. Диэтиламин хлористый — 3—5; канифоль — 20—25; спирт этиловый — 67—76; ТЭА — 1—2. $t_{раб}$ = 200—350° С. (Пайка черных и цветных металлов и сплавов, покрытий, меди, никеля.)

11. Глицерин — 100 мл; вода — 100 мл; молочная кислота — 100 г. (Пайка мелких деталей.)

12. Анилин солянокислый — 15 г; глицерин — 100 мл; спирт этиловый — 300 мл. (Пайка мелких деталей, требующих чистых и прочных швов.)

13. Глицерин — 50; диэтиламин — 25; фосфорная кислота — 25. (Пайка при 350° С меди с нержавеющей сталью, нержавеющих сталей между собой.)

14. Янтарнокислый аммоний (насыщенный раствор) — 45—50; ТЭА — 7—10; глицерин — до 100%. $t_{раб}$=150—280° С. (Хранить в темной посуде. Эффективен при пайке припоями типа ПОС61 радио- и электротехнических деталей.)

15. Диэтиламин хлористый — 5; канифоль — 25; спирт этиловый — 68. (Пайка меди; медных сплавов; углеродистой стали; пайка бронзы с медью, оцинкованных металлов между собой.)

16. NH_4Cl — 100 г; H_2O — 1000 мл; $ZnCl_2$ — 1000 г; этиленгликоль — 25 мл. (Быстрая и прочная пайка конструкций из толстых материалов, а также для загрязненных и необезжиренных мест.)

	17	18
Анилин солянокислый	3,5—5	3,5—5
Бензотриазол	2,8—3,2	—
Имидазол	—	3—5
Канифоль	20—25	20—25
Спирт этиловый	До 100 %	
Триэтаноламин	1—2	1—2

(Пайка латуни для предотвращения обесцинковывания, пайка меди).

	19	20
NH_4Cl, г	12	14
H_2O, мл	420	600
Спирт этиловый, мл	580	400
$ZnCl_2$, г	120	140

(19) — быстрая особопрочная пайка деталей стальных и из цветных металлов; (20) — лужение погружением в расплав.

21. Анилин солянокислый — 3—7; канифоль — 20—25; ТЭА — 1—2; спирт этиловый — 67—72.

22. Канифоль — 20—25; метафенилендиамин хлористый — 3—5; ТЭА — 1—2; спирт этиловый — 64—74.

23. Диэтиламин хлористый — 3—5; канифоль — 20—25; ТЭА — 1—2; спирт этиловый — 63—74.

Флюсы (21) — (23) — различные черные и медные сплавы. Покрытия различными металлами. Активные флюсы.

24. Сплав [42 NaOH · 58 KOH]—20—30; H_2O — 2—3; глицерин — до 100%. (Пайка цинка и его сплавов; алюминия, плакиро-

ванного сплавом цинка с 5% алюминия; гальванически оцинкованного алюминия. Активен при 180—200° С.)

25. NH_4Cl—29—32; гидразингидрат — 2,5—4; гидразин хлористый — 6—8; этиленгликоль — 40—50; спирт этиловый — до 100%. (Медь и медные сплавы между собой, углеродистые стали между собой, нержавеющие стали.)

26. Моноэтаноламин — 5—10; мочевина — 1—2; фосфорная кислота — 2—30; спирт этиловый — до 100%. (Алюминиевая бронза.)

27. Вазелин —67—69; глицерин —3—5; натрий фтористый—4—6; хлористый цинк—4—6; этиловый спирт — 16—20. (Пайка бериллиевой бронзы.)

К специализированным флюсам относятся консервирующие флюсы для пайки низкотемпературными припоями. Эти флюсы являются одновременно защитными покрытиями, применяемыми для предохранения от окисления поверхностей металлических изделий в период их хранения до пайки.

Их наносят в виде тонкой пленки на поверхности деталей из меди и ее сплавов; на поверхности, покрытые серебром, оловом, оловянно-свинцовыми сплавами и т. д., не позднее чем через 24 ч после изготовления деталей. После этого детали могут храниться несколько месяцев на складе или находиться в транспортировке без утери ими способности хорошо смачиваться припоями.

Консервирующие флюсы для низкотемпературной пайки (% вес.).

1. Ацетон — 1,8—2; гидразин хлористый — 0,25—0,31; дибутилфталат — 0,25—0,31; канифоль — 3,0—5; поливинилбутираль — 1,0—1,2: пчелиный воск—0,05—0,055; растворитель № 646 — 86,5 — 90; этиловый спирт — 3,0—5.

2. Борная кислота — 0,25—5; канифоль — 4,25—5; спирт этиловый — 90—91,5.

3. Дибутилфталат — 5—7; канифоль — 74,5—62; поливинилбутираль — 20—30; пчелиный воск — 0,5—1. 5—15% сухой смеси этого состава смешивают 85—95% растворителя РДВ или № 646. Можно также применять смеси: ацетон+ксилол (50:50), ацетон+толуол+бутилацетат (26: : 62 : 12), ацетон+толуол+спирт этиловый (33,3 : 33,3 : 33,4).

4. Пайка медных сплавов: канифоль — 10—15; моноэтаноламин — 1—2; полистирол — 2—2,5; этилацетат — до 100%. (Коричневая жидкость наносится кистью или окунанием. Длительность образования защитной пленки — 20—30 мин при 20° С.

Применим для изделий, эксплуатируемых при температурах от —60 до +50° С и в тропических условиях).

5. Флюс для пайки медных сплавов: канифоль — 3—5; моноэтаноламин — 1—2; $SnCl_2$ — 1—1,5; полиэфирная смола — 18—20; ацетон — до 100%. (Наносится окунанием, распылением, кистью.)

2.2. ФЛЮСЫ ДЛЯ ПАЙКИ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

Низкотемпературные флюсы:

	1	2	3
$ZnCl_2$	90	9	24
NH_4Cl	8	—	—
KF	1,2	—	—
LiF	0,6	9	—
NaF	0,2	—	6
KCl	—	37	28
LiCl	—	20	42
NaCl	—	25	—
$t_{пл}$, °С	220	320	320

Флюсы на основе триэтаноламина (ТЭА):

	1	2	3
NH_4BF_4	5	8	8
$CdBF_4$	10	—	10
$ZnBF_4$	2,5	10	—
ТЭА	82,5	82	82

4. NH_4Cl—10; $SnCl_2$—8; ТЭА—82.

5. HF—40; ТЭА—60.

6. NH_4BF_4—40; ZnF_2—16; ТЭА—44.

7. Анилин солянокислый—5; аммоний хлористый—18; глицерин—45; спирт этиловый—30; ТЭА—2.

8. Салициловая кислота—4; спирт этиловый—94,5; ТЭА—1,5.

9. Вода—93,6; бензойная кислота—4; ОП-7—1; ТЭА—1,5.

Флюсы для пайки силумином. 1. KCl—4—9; NaCl—2—10; LiCl—15—20; $3NaF \cdot AlF_3$—20—50; CaF_2—10—20.

2. KCl—4—9; NaCl—2—10; LiCl—20—50; $3NaF \cdot AlF_3$—30—50; CaF_2—10—20.

3. KCl—4; NaCl—4; LiCl—40; $3NaF \cdot AlF_3$—36; CaF_2—16.

4. KCl—4—9; LiCl—15—46; $3NaF \cdot AlF_3$—20—50; CaF_2—10—16.

5. KCl—4—8; NaCl—4—0; LiCl—46; $3NaF \cdot AlF_3$—30; CaF_2—16.

Флюсы для пайки цинковыми и алюминиевыми припоями. 1. KCl—47; LiCl—38; NaF—10; $SnCl_2$—5. $t_{раб}$=420° С.

2. KCl—45; LiCl—38; NaF—10; $SnCl_2$—3; $CdCl_2$—4. $t_{раб}$=420° С.

3. KCl—47; LiCl—38; $CdCl_2$—10; NaF—5. $t_{раб}$=560° С.

4. KCl—47; LiCl—38; $ZnCl_2$—10; NaF—5. $t_{раб}$=560° С.

5. KCl—51; LiCl—41; AlF_3—4; KF—4; $t_{раб}$=570° С.

6. KCl—50; LiCl—32; $ZnCl_2$—8; NaF—10. $t_{раб}$=520° С.

7. KCl—40; LiCl—36; $ZnCl_2$—16; NaF—8. $t_{раб}$=480° С.

8. NaCl—19; $CaCl_2$—43; $BaCl_2$—28; KF—5; NH_4F—5. $t_{раб}$=435° С.

9. $ZnCl_2$—36; $BaCl_2$—56; $3NF \cdot AlF_3$—8. $t_{раб}$=470° С.

Порошкообразные флюсы для низкотемпературной пайки:

	1	2	3
$ZnCl_2$	90	88	90
NH_4Cl	8	10	10
NaF	2	2	—

4 $ZnCl_2$—83,5; LiCl—5,4; CuCl—4,9; KCl—3,6; $CdCl_2$—1,45; NaCl—1,0; $PbCl_2$—0,25.

5. $SnCl_2$—88; NH_4Cl—10; NaF—2.

	6	7	8
$ZnCl_2$	85	5	—
LiCl	5	38	15
NaCl	5	—	20
KCl	5	47	20
NaF	—	5	—
$CdCl_2$	—	5	25
LiF	—	—	10
ZnF_2	—	—	10

9. KCl—50; LiCl—40; $3NaF \cdot AlF_3$—10.

10. $ZnBr_2$—40; LiF—5; KCl—24; LiCl—15; NaCl—15; $PbCl_2$—1.

Реактивные флюсы для пайки алюминия без припоев (путем восстановления металлов из смеси солей). 1. $ZnCl_2$—90; NH_4Br—8. $t_{раб}=420°$ C.

2. $SnCl_2$—90; NH_4Cl—8; NaF—2. $t_{раб}=330°$ C.

3. $ZnCl_2$—90; NH_4Cl—8; NaF—2. $t_{раб}=380°$ C.

4. $ZnCl_2$—90; NH_4Cl—10. $t_{раб}=410°$ C.

5. $ZnCl_2$—45; $SnCl_2$—45; NH_4Cl—10. $t_{раб}=330°$ C.

6. $SnCl_2$—90; NH_4Cl—10. $t_{раб}=360°$ C.

7. $ZnCl_2$—76; $SnCl_2$—14; NH_4Br—8; NaF—2. $t_{раб}=380°$ C.

8. $ZnCl_2$—76; $SnCl_2$—14; NH_4Cl—8; NaF—2. $t_{раб}=370°$ C.

9. $ZnCl_2$—72; $SnCl_2$—18; NH_4Br—8; NaF—2. $t_{раб}=350°$ C.

10. $ZnCl_2$—72; $SnCl_2$—18; NH_4Cl—8; NaF—2. $t_{раб}=340°$ C.

11. $ZnCl_2$—46; $SnCl_2$—44; NH_4Br—8; NaF—2. $t_{раб}=330°$ C.

12. $ZnCl_2$—46; $SnCl_2$—44; NH_4Cl—8; NaF—2. $t_{раб}=320°$ C.

13. AlF_3—4—6; KF—4—6; KCl—40—50; LiCl—30—40; NaCl—8—12; SiO_2—0,5—5,0.

14. Облуживающий флюс $PbCl_2$—1—5; $ZnCl_2$—15—20; NaF—3—5; триметилпиразолинхлорстаннат—40—60; метиловый спирт—до 100%. (Флюс активен в интервале температур 280—540° C и применим с припоями на различных основах: Sn, Zn, Al. В процессе пайки флюс покрывает поверхность алюминия слоем олова толщиной 5—20 мкм.)

Флюсы для высокотемпературной пайки. 1. NaCl—5; KCl—48; LiCl—37; CdF_2—3; LiF—7. $t_{раб}=500°$ C.

2. $ZnCl_2$—15; $CdCl_2$—15; LiCl—20; NaF—10; NaCl—20; KCl—20. $t_{раб}=500°$ C.

3. KCl—55; NaCl—44; NaF—1. $t_{раб} = 500°$ C.

4. KCl—60; LiCl—32; $3NaF \cdot AlF_3$—8. $t_{раб}=500°$ C.

5. KCl—47; NaCl—45; NaF—4; LiCl—4. $t_{раб}=500°$ C.

6. KCl—30; NaCl—33; LiCl—26; KF—5; AlF_3—6. $t_{раб}=520°$ C.

7. KCl—37; NaCl—34; $BaCl_2$—20; KF—4; AlF_3—5. $t_{раб}=550°$ C.

8. NaCl—26; KCl—54; $ZnCl_2$—12; LiCl—8. $t_{раб}=550°$ C.

9. NaCl—17; KCl—27; $BaCl_2$—48; $NaF \cdot AlF_3$—8. $t_{раб}=570°$ C.

10. NaCl—18; KCl—22; $BaCl_2$—45; $NaF \cdot AlF_3$—10; AlF_3—5. $t_{раб}=580°$ C.

11. KCl—40—60; LiCl—30—50; $KZrF_4$—1—10. Флюс повышенно активен в интервале температур 480—615° C, что позволяет осуществлять пайку непаяемых деформируемых и литейных сплавов систем AlMg, AlMgSi, AlSi. В составе флюса фторцирконат калия $KZrF_4$ можно заменять фтортитанатом калия.

	12	13
KCl	35—45	55—57
$CaCl_2$	18—20	7,5—8,5
LiCl	8—12	28—30
NaF	4—6	6,5—7,5
NaCl	18—22	2—5

Флюс (13) вызывает незначительную эрозию при пайке тонкостенных изделий.

14. AlF_3—3—5; KF—3—5; KCl—49—51; LiCl—22—25; NaCl—15—17. (Повышенная растекаемость).

15. $BaCl_2$—26—30; $CaCl_2$—40—50; NaCl—18—22; $KTiF_4$—1—10. (Повышенная активность. Пайка методом погружения.)

2.3. ФЛЮСЫ ДЛЯ ПАЙКИ МАГНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

1. KCl—36; NaCl—30; LiF—8; LiCl—18; $ZnCl_2$—7,9; $PbCl_2$—0,1. $t_{раб}=590°$ C.

2. KCl—46; NaCl—24; LiCl—26; NaF—4. $t_{раб}=540°$ C.

3. KCl—42; NaCl—21; LiCl—23; NaF—4, LiF—10. $t_{раб}=540°$ C.

4. KCl—42,5; NaCl—10; LiCl—37; NaF—10; $3NaF \cdot AlF_3$—0,5. $t_{раб}=400°$ C.

5. KCl—43,5; $BaCl_2$—50; AlF_3—3,5; NaF—3. $t_{раб}=500°$ C.

6. NaCl—16; KCl—32; LiCl—32; $ZnCl_2$—12; KF—8. $t_{раб}=590°$ C.

7. $CdCl_2$—12; NaCl—26; KCl—54; LiF—8. $t_{раб}=590°$ C.

8. KCl—57,7; LiCl—36; NaF—8; $SbCl_3$—0,3. $t_{раб}=560°$ C.

9. Карналлит плавленый — 80; $3NaF \cdot AlF_3$—15; ZnO—5. $t_{раб}=450°$.

10. $BaCl_2$—8—12; BaF_2 или MgF_2—1—7; карналлит—до 100%. $t_{раб}=430—610°$ C. (Высушенные при 150—200° C компоненты плавят в стальном тигле. Нагретый до 400—450° C узел погружается в ванну с расплавом флюса).

2.4. ФЛЮСЫ ДЛЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПАЙКИ

Высокотемпературные флюсы предназначены для пайки нержавеющих и конструкционных сталей, меди и медных сплавов серебряными и медными припоями с температурой пайки 600—1200° C.

Основными составляющими этих флюсов являются неорганические соединения, твердые при обычных температурах и плавящиеся при нагреве до температур плавления припоев. При этом они приобретают повышенную химическую активность по отношению к окислам металлов, которые переводятся в растворимое в расплаве состояние и устраняются с очищаемой поверхности. После затвердевания остатки флюсов удаляются механически и растворением в горячей воде.

Флюсы для пайки медью, медно-цинковыми и медно-никелевыми припоями. 1. $Na_2B_4O_7$—100. (Пайка углеродистых сталей, чугуна, меди, твердых сплавов медно-цинковыми припоями).

2. $Na_2B_4O_7$—50; H_3BO_3—50. (Флюс разводят раствором $ZnCl_2$. Пайка нержавеющих сталей, твердых и жароупорных сплавов медно-цинковыми и медио-никелевыми припоями).

3. H_3BO_3—70; $Na_2B_4O_7$—21; CaF_2—9. Пайка конструкционных и нержавеющих сталей, а также жаропрочиых сплавов латунью и жаропрочными припоями). $t_{раб}$ = =800—1200° С.

4. H_3BO_3—80; $Na_2B_4O_7$—14; CaF_2—5,5; лигатура (Mg—4; Al—48; Cu—48)—0,5. [Для той же цели, что (3)]. $t_{раб}$ = 800—1200° С).

	5	6
H_3BO_3	25	—
B_2O_3	—	23,5
KCl	25	17
LiCl	16	11
KF	5	27,5
NaF	—	3,5
KBF_4	25	15,0
$ZnCl_2$	4	2,5

(Пайка алюминиевых бронз между собой, с медью, латунью, черными сплавами.)

7. H_3BO_3—78; $Na_2B_4O_7$—12; CaF_2—10. (Пайка медными припоями нержавеющих и углеродистых сталей; жароупориых твердых и медных сплавов).

8. $Na_2B_4O_7$—35; $KMnO_4$—5. (Флюс разводят раствором $ZnCl_2$. Пайка чугуна медью и медно-цинковыми припоями).

9. $Na_2B_4O_7$—75; CaF_2—10; NaF—15. (Пайка припоями на медной основе).

10. $Na_2B_4O_7$—58; H_3BO_3—40; $CaCl_2$—2. (Пайка латуни и меди).

	11	12
$Na_2B_4O_7$	58	22
NaCl	21	33
K_2CO_3	21	45

13. H_3BO_3—10; $Na_2B_4O_7$—50; KF—40.

Флюсы (11) и (13) применяют в виде паст с водой или вазелином. (Тонкоизмельченные порошки храият в закрытой посуде. Бура переплавлена при 800° С).

14. NaCl—5—6; Na_2CO_3—20—25; H_3BO_3—до 100%. (Пайка чугуна; пайка и иаплавка чугуна, стали, меди латунью и медными сплавами.)

Флюсы для пайки серебряными припоями. Обезвоженные компоненты смешивают и тонко измельчают. Перед употреблением замешивают водой или спиртом до густой пасты. После пайки промывают горячей и холодной водой.

1. $NaBO_3$—45; $Na_2B_4O_7$—25; H_3BO_3—5; K_2SiF_6—25.

2. $K_2B_4O_7$—25; KF—6; H_3BO_3—10; $Na_2B_4O_7$—58,5; B—0,5.

3. KBF_4—40—25; KF—35—42; H_3BO_3—25—35.

4. $CaCl_2$—72; NaCl—28.

5. $CaCl_2$—48; $BaCl_2$—31; NaCl—21.

6. KCl—40; NaCl—35; $CaCl_2$—25.

7. $CaCl_2$—50; $BaCl_2$—50.

8. H_3BO_3—20; $Na_2B_4O_7$—80.

9. B_2O_3—35; KF—42; KBF_4—23. $t_{раб}$ = = 600—800° С.

10. $Na_2B_4O_7$—50; H_3BO_3—35; CaF_2—15.

11. B_2O_3—25; KF—35; KBF_4—40. $t_{раб}$ = =600—700° С.

12. KBF_4—70; $Na_2B_4O_7$—30.

13. KBF_4—23; B_2O_3—35; KF—42.

14. KBF_4—40; B_2O_3—25; KF—35.

15. KBF_4—34; H_3PO_4—33; KF—33.

16. KBF_4—100.

17 $Na_2B_4O_7$—50; B_2O_3—35; KF—15.

18. NaCl—40—70; KCl—30—60; Si—2—4.

19. NaCl—25—30; KCl—25—30; $BaCl_2$—40—50; Si—2—3.

20. KBF_4—40; KF—59; B—1.

21. $Na_2B_4O_7$—70—80; KCl—10—15; NaF—5—8; LiCl—3—5; Si—3—6; Zr—2—5.

22. H_3BO_3—60; KF—40. $t_{раб}$=700—750°С.

Флюсы для пайки титана со сталью серебряными припоями.

1. KF·HF—50; KCl—45; $BaCl_2$—5.

2. KF·HF—35; KCl—50; $BaCl_2$—10; BaF_2—5.

3. KF·HF—35; KCl—50; $BaCl_2$—10; LiF—5.

Пастообразные флюсы для пайки припоями иа основе серебра. 1. H_3BO_3—40; KF—45; KBF_4—15.

2. H_3BO_3—45,5; $K_2CO_3\cdot1,5H_2O$—37,5; KBF_4—17.

3. $Na_2B_4O_7$—61; H_3BO_3—23; KF—16.

4. H_3BO_3—36; NaCl—18; Na_2SiF_6—18.

Флюсы для пайки при длительном нагреве. 1. KBF_4—40; H_3BO_3—20; KBO_3—39; Mg—1.

2. K_2CO_3—17; H_3BO_3—32; KF·HF—48; CaF_2—3.

3. H_3BO_3—36; Na_3BO_3—3; K_2SiF_6—49; KF·HF—10; Ti—2.

4. H_3BO_3—59; KF—40; Al—1.

Флюсы для титана, тантала, циркония. 1. NaCl—52; $MgCl_2$—48.

2. NaCl—45; KCl—36; AgCl—10; LiF—9.

3. NaCl—48; $MgCl_2$—30; LiF—22.

4. NaCl—48; $MgCl_2$—30; LiCl—22.

5. AgCl—10; KCl—36; LiF—9; $SrCl_2$—45.

6. KF—45; KCl—55.

7. $BaCl_2$—85; $SrCl_2$—15.

8. LiCl—50; KF—46; NaF—2; CuCl—1; $SrCl_2$—1.

Флюсы для пайки твердых сплавов, содержащих вольфрам. 1. KF—5—8; KWO_4—0,1—8; B_2O_3—до 100%. NaF—2—4; WO_3—1—10; CoO—0,1—1.

2. CoO—1—4; WO_3—10—20; B_2O_3—25—40; KBF_4—до 100%.

Флюсы для пайки — сварки чугуна:

	1	2
$Na_2B_4O_7$	20—40	20—40
CoO	3—15	3—15
$NaNO_3$	—	До 50
NiO	—	До 15
NaF	5—30	5—30
$KZrF_4$	3—12	3—12
Na_2CO_3	5—25	5—25

(Повышенная поверхностная и межфазная активность).

Различные флюсы. Здесь приводятся составы некоторых флюсов, не вошедших в приведенные выше группы в силу своей специализации.

1. Флюс для пайки инструмента. LiOH—0,5—1,5; KF—14—16; B_2O_3—10—12; KBF_4—до 100%. (Повышенная активность).

2. Флюс для сварки алюминия с медью. GeI—5—10; $SnCl_2$—до 100%. (Повышенная пластичность и коррозионная стойкость сварного соединения).

3. Флюс для наплавки и сварки серебра и алюминия. Ag_2O—1—45; AgCl—до 100%. (Повышенная электропроводность и коррозионная устойчивость соединения.)

4. Флюс для сварки и наплавки разнородных металлов. $PbCl_2$—4—7; KCl—38—48; NaCl—18—28; $3NaF \cdot AlF_3$—27—32. (Улучшенная смачиваемость металла и повышенное качество наплавки).

5. Флюс для пайки ТВЧ стеллитовых пластин (ВЗК) к нержавеющей стали. H_3BO_3—43—45; KF—55—57. (Применяется в форме пасты на воде).

6. Активный флюс для пайки твердых сплавов к державкам. $Na_2B_4O_7 + KBF_4$—83; WO_3—3,5±0,5; CoO—15±1. (Пайка сплавов Т15К6, Т30К4 при 1000—1100° С с припоем АНМц 0,6—4—2).

7. Металлизационное покрытие керамики миналунд перед пайкой. Mn—20; Mo—75; стекло С482-2 — 5. Толщина покрытия—60 мкм.

Некоторые индексы МКИ, которыми сведения гл. IX классифицируются в патентной литературе:

Подкласс В 23 к		Пайка, сварка, резка пламенем
Группа	1/00	Пайка металлов
	1/02	мягким припоем—низкотемпературная пайка
	1/04	твердым припоем—высокотемпературная пайка
	35/00	присадочные прутки, электроды, материалы или среды, применяемые при пайке, сварке или резке
	35/14,	для пайки
	35/26	с основным компонентом, плавящимся при температуре ниже 400°
	35/28	то же — ниже 950° С
	35/30	то же — ниже 1550° С
	35/32	то же — выше 1550° С
	35/34	с соединениями, придающими металлам текучесть при нагреве
	35/36	подбор неметаллических составов, например покрытий, флюсов

Некоторые индексы УДК, которыми содержание гл. IX классифицируется в печатных изданиях:

621.79	Соединение материалов сваркой, пайкой и склеиванием
621.79.04	Присадочные материалы и флюсы
621.79.048	Флюсы (порошки, пасты и т. д.)
621.791.3	Мягкая пайка. Твердая пайка.
621.791.35	Пайка мягким припоем. Мягкие припои, низкотемпературная пайка.
621.791.36	Пайка твердым припоем. Твердые припои, высокотемпературная пайка.

Род основного металла приводится через знак отношения (:). Например: 621.791.3 : 669.6 — мягкая пайка оловом. Здесь 669.6 — олово. Соответственно 669.3— медь.

СОСТАВЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ СКЛЕИВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Операции соединения заготовок, деталей или узлов между собой с помощью клеевых составов весьма часто встречаются в любом производстве и за последнее время начинают приобретать все более важное значение как надежный, технологичный и экономически эффективный способ. Повышение значимости этого способа соединения деталей обусловливается и тем, что современные клеящие составы позволяют в определенных условиях получить прочность соединения, равноценную прочности при пайке или сварке, но без необходимости применять сложное специальное оборудование и без какого-либо теплового или механического воздействия на соединяемые детали.

Число составов, обладающих высокой адгезионной способностью к различным материалам, весьма велико. Заметная часть их пригодна для практического применения.

Описанию природы, особенностей и технологии применения клеев посвящена обширная литература. В данной главе приводятся рецепты небольшой части применяемых в настоящее время клеев, преимущественно таких, которые могут или должны приготовляться непосредственно на предприятии-потребителе. Так же как и в других главах этой книги, изложение рассчитано на специалиста, знакомого с основами техники склеивания и технологическими приемами приготовления клеев.

Условные обозначения компонентов, наиболее часто применяемых в клеевых составах, замазках и мастиках:

БГЭФ — бутилглицидиловый эфир
БМАК — бутилметакрилат
БСФК — бензолсульфокислота
ГМДА — гексаметилендиамин
ГМТА — гексаметилентетрамин
ДБФ — дибутилфталат
ДБСЦ — дибутилсебацинат
ДГЭА — диглицидиловый эфир анилина
ДИОС — диоктилсебацинат
ДИОФ — диоктилфталат
ДМА — диметиланилин
ДФГУ — дифенилгуанидин
ДЦДА — дициандиамид
ДЭА — диэтиланилин
КВП — кварц пылевидный
КМС — касторовое масло
МАК — метакриловая кислота
МАН — малеиновый ангидрид
МДРВ — мука древесная
МТГФА — метилтетрагидрофталевый ангидрид
МФДА — метафенилендиамин
ПБМК — полибутилметакрилат
ПВБ — поливинилбутираль
ПБНЗ — перекись бензоила
ПВАЦ — поливинилацетат
ПВАЭ — поливинилацетатная эмульсия
ПВХ — поливинилхлорид
ОЛЕ — олеин (олеиновая кислота)
ПММА — полиметилметакрилат
ПМЭК — перекись метилэтилкетона
ПЭПА — полиэтиленполиамины
ПЭФ — полиэфир
ПЭФМ — полиэфирмалеинат
ТИОЖ — тиокол жидкий
ТФФ — трифенилфосфат
ТЭА — триэтаноламин
ТЭАТ — триэтаноламинтитанат
ФАН — фталевый ангидрид
ХЭА — хлорэндиковый ангидрид

Условные обозначения показателей свойств клеев:

$p_{отв}$ — давление на соединение при склеивании (в течение периода отвердевания клеевого шва);
$t_{отв}$ — температура отверждения, °С;
t_{Δ} — температурный интервал применимости клеевого соединения, °С;
$\tau_{ж}$/°С — время жизнеспособности (сохранения рабочей вязкости) клея в часах при данной температуре в °С;
$\tau_{отв}$ — длительность отверждения, ч. или мин;
$\sigma_{в}$ — прочность клеевого соединения данных материалов (например, дерево—дерево) на отрыв, кгс/см²;
$\sigma_{сдв}$ — прочность клеевого соединения на сдвиг, кгс/см².

При наличии нескольких возможных вариантов режимных условий склеивания данные о них записываются дробью. Например: $t_{отв}$ = 20/40/80° С; $\tau_{отв}$ = 15/10/5 ч — означает, что равноценных результатов достигают, отверждая 15 ч при 20° С, 10 ч при 40° С или 5 ч при 80° С. Режимы многоступенчатого отверждения записываются со знаком +, например запись: $t_{отв}$ = 20 + + 40+80° С; $\tau_{отв}$ = 10 + 4+2 ч — означает, что вначале производится выдержка в течение 10 ч при 20° С, затем температуру

повышают до 40° С и выдерживают 4 ч, и в заключение, повышая температуру до 80° С, выдерживают 2 ч.

1. КЛЕИ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Этим наименованием объединены клеевые составы, используемые для соединения различных материалов.

Составы клеев общего назначения (вес. ч.):

1. Смола ВИАМ-Б—100; ацетон или этиловый спирт—10; контакт Петрова (КПк1)—12—20. $\tau_ж$=2,5—4 ч/20° С; $p_{отв}$ = 2,5 — 5 кгс/см²; $t_{отв}$ = 20° С; $\tau_{отв}$ = 18 ч; $\sigma_{сдв}$ (дерево/дерево) = 130 кгс/см²; t_Δ = =(—60)÷(+60)° С или $p_{отв}$=0,5—3 кгс/см²; $t_{отв}$=45±5° С; $\tau_{отв}$=1—1,3 ч.

2. Смола Декалит—100; смола Л-20—40; двуокись титана (прокаленная при 500° С 4 ч)—30. $\tau_ж$=1 ч/20° С; $p_{отв}$=0,5—1,0 кгс/см²; $t_{отв}$=20/80° С; $\tau_{отв}$=30/4 ч; $\sigma_{сдв}$ (дерево/дерево) = 200 кгс/см²; t_Δ—до 300° С.

3. Полиизобутилен П-200—62,5; канифоль—37,5; бензин БР.1 — 120; ацетон—20; окись цинка—4. $\tau_ж$ = 6 мес; $t_{отв}$=20° С; $\sigma_{сдв}$=0,15 кгс/см².

4. Продукт № 24 (50%-ный раствор в ацетоне)—200; продукт 102-Т—100; портландцемент 400 — 25. Перемешивание при 18—20° С. Цемент вводят после смешивания смол. $\tau_ж$ > 2 ч. $p_{отв}$ = 0,5 — 3 кгс/см²; $t_{отв}$=105±5° С 3—4 ч. Нагревать и охлаждать медленно. Можно склеивать при 60 ± 5° С 8—10 ч или при 20—30° С 30—48 ч. $\sigma_{сдв}$ анодированного дюралюминия после отверждения при 20—25° С > 40 кгс/см²; при 105° С > 140 кгс/см²; t_Δ= = (—60) ÷ (+60)° С.

5. Смола ЭД-5 — 100; ДБФ—10; ПВБ—25; окись алюминия—6; ТЭА—15. $t_{отв}$=100° С; $\tau_{отв}$ = 10 ч; t_Δ=(—60)÷(+90)° С.

6. Спиртоацетоновый раствор смолы ФЛ-4 — 100; ГМДА—3; кубовые остатки ГМДА — 10. $\tau_ж$=8 ч/20° С; $p_{отв}$=5 кгс/см²; $t_{отв}$=80° С; $\tau_{отв}$=2 ч; $\sigma_{сдв}$ (дюраль/дюраль)= =60—150 кгс/см²; t_Δ=(—60)÷(+60)° С.

7. Смола МФ-17—100; мука древесная—3—8; щавелевая кислота (10%-ный раствор)—15—28 (при pH смолы 6,5 вводить 15 вес. ч. кислоты; при pH=7,5—22 вес. ч.; при pH=8 — 28 вес. ч.). Смолу с мукой смешать и выдержать 24 ч, затем перемешать и добавить кислоту. Температура 15—20° С. $\tau_ж$ = 0,5 — 4 ч/20° С; $p_{отв}$ = 0,5—5 кгс/см²; $t_{отв}$ = 16—23° С (24—30° С/55—60° С/80—100° С; $\tau_{отв}$=7—12 ч/4—6 ч/2—3 ч/0,3 ч; $\sigma_{скол}$ (дерево/дерево)=130 кгс/см²; t_Δ=(—40)÷(40)° С.

8. Смола ЭД-5 — 100; ПЭПА — 9—11; ТЭА — 9—11; абразивный порошок — 50—60; сера (порошок) — 50—100.

9. Смола МФ-17 (с 70% сухого остатка) — 100; ПВАЭ — 10—20; мел — 5—20; аммоний хлорид — 0,5—1,5; мочевина — 10—20.

10. Алюмофосфатная связка — 38—42; окись алюминия — 24—28; высокоглиноземистый цемент — 21—25; окись хрома — 9—13.

11. Стирольный раствор полиэфирмалеината (25—50%-ный) — 100; гипериз — 2—4; 10%-ный НК в стироле — 10—20; алебастр, гипс гидравлический или их смесь — 50—200. $t_{отв}$ = 15—35° С; $\tau_{отв}$= = 20—40 ч.

12. Смола БМК-5 — 100; каучук СКУ-8ПГ — 17—38; ацетон — 250—300; каолин — 250—350.

13. Портландцемент — 83,3—92,9; казеин технический — 3,0—7,0; гашеная известь — 3,0—7,0; зола пылевидного сжигания горючего сланца — 0,8—2,0; фосфорит — 0,3—0,7. $\sigma_{отр}$ (бетон/бетон) = 15 кгс/см².

14. Эпоксидная арилфенолформальдегидная смола[1] — 75—100; смола ПСХ-С—2,5—10; пластификатор (например, ДБФ) — 5—20; этилацетат — 100—150; отвердитель (например, ПЭПА) — 5—20.

	А	Б	В
15. Каучук СКН-18-1	100	100	100
Смола ЭД-5	25	50	200
Окись цинка	5	10	15
Окись магния	5	10	15
Полиэфир МГФ-9	10	30	60
Каменноугольная смола	20	50	100
Полиэтиленполиамин (ПЭПА)	2,5	7	30
$\tau_ж$, ч.	5—7	5—7	4—5
$\sigma_{отр}$ (сталь/сталь), кгс/см²	30	33	140
$t_{отв}$, °С	18—23		

16. Карбамидная смола — 100; смола ФР-12 — 20—25; хлористый аммоний—2,0—2,6; мочевина — 1,3—3,5; хлористый натрий — 1,7—2,7; квасцы алюминиево-калиевые — 2,1—3,4; мука пищевая — 3,0—7,0.

17. Битум легкого газойля — 33—38; асбест — 8—10; карбонатная известь — 10—12.

18. Смола ФР-12 — 100; параформальдегид — 13,5. $\tau_ж$=2 ч/20° С.

19. Желатина — 300; вода — 500. (После размягчения добавить 200 вес. ч. до полного растворения).

20. Мастика натуральная — 350; шеллак чешуйчатый — 500; скипидар — 100. (Вводить после растворения остальных компонентов).

21. Трепел — 170; барий сернокислый — 300; асбест — 160; песок мелкий — 110; жидкое стекло — 260.

22. Стекло измельченное — 160; асбест — 250; жидкое стекло — 500.

23. Каучук натуральный — 60; мастика — 160; трихлорэтилен или хлороформ — 780.

24. Олигодиенэпоксид ПДИ-ЗАК-20,1 — 82; эпоксидно-анилиновая смола—1,2—18,5; олеиновая кислота — 1,8—29,2; нитрид бора — 10,0—60,0; отвердитель — 2—29,8. (Повышенная теплопроводность, сниженная вязкость, повышенная надежность сборки приборов.)

---

[1] Например, эпоксидная диэтилбензолфенолформальдегидная (ЭДЭФФ) или эпоксидные ксилолфенолформальдегидные смолы (ЭКФФ, ЭКФФ-3).

25. Клей повышенной водостойкости. 45—55%-ная водная дисперсия виниилацетата или сополимера винилацетата с дибутилмалеатом — до 100; пластификатор — 7,1—23,0; загуститель — 0,5—4,6; триизоцианат биуретовой структуры — 2,6—8,7; 20—30%-ный водный раствор аммиака — 0,5—5,8.

26. Найрит НТ — 100; бутилфенолформальдегидная смола — 10—50; окись цинка — 5—20; тиурам — 1—4; хлорное железо — 1—5; канифоль — 4—10; продукт конденсации терефталевой и себациновой кислот — 10—80. (Обеспечивает надежное схватывание без предварительного шерохования).

27. Канифольный клей большой концентрации и стабильности готовят, диспергируя канифоль в воде и обрабатывая ее щелочью. Процесс ведут при температуре не выше 40° С. Диспергируют канифоль электрогидравлическими ударами при напряжении разряда 30—80 кВ, емкости конденсатора 0,22—3,0 мкФ и числе ударов 100—1000. Концентрация щелочи — 4—11% вес. от веса канифоли.

28. Смола ПФМ — 3; смола ЭД-5 — 100; ДИОФ — 3; циклогексанон — 55; толуол — 34; ПЭПА — 12—15.

29. Смола ПФМ — 20; смола ЭД-5 — 100; циклогексанол — 10; метиленхлорид — 30; ПЭПА — 12—15.

30. Сахар — 10, известь гашеная — 10; вода — 120. Прокипятить, а затем в охлажденной и отфильтрованной жидкости растворить при повториом нагреваиии 10 г столярного клеи или желатины.

31. Полибутилметакрилат — 40; БМАК—60; ДМА — 0,5; КВП — 50—100.

32. Смола ВПАМ-Ф9 — 100; резорцин—9; этиловый спирт—10; контакт Петрова—800/*a*, где *a*—кислотное число контакта. (При изготовлении состава охлаждать мешалку до 15 — 20° С). $\tau_ж = 3 — 4$ ч; $p_{отв} = 1—3$ кгс/см²; $t_{отв} = 20°$ С; $\tau_{отв} = 10—24$ ч; $\sigma_{сдв}$ (оргстекло/оргстекло) = 100 кгс/см²; $t_\Delta = (—60) \div (+130)°$ С.

33. Эластомер ГЭН-150 (в)—100 г; ацетон—250 мл; этил- или бутилацетат—250 мл. $t_\Delta = (—20) \div (+120)°$ С.

34. Карбинольный сироп—97; ПБНЗ—3; наполнитель (сверх 100%) 0—60. $t_\Delta = (—60) \div (+60)°$ С.

35. Смола ЭД-40 — 100; ДБФ — 15; ПЭПА—8,

36. Смола ЭД-6 или ЭД-40—100; МАН—30, наполнитель (цемент 400)—50—100. $\tau_ж = 6—10$ сут; $p_{отв} = 0,5—1,0$ кгс/см²; $t_{отв} = 150°$ С; $\tau_{отв} = 3$ ч; $t_\Delta = \pm 60°$ С; $\sigma_{сдв} = 165—270$ кгс/см²; $\sigma_{отр} = 450$ кгс.

37. Смола ЭД-5 — 100; смола ДЭГ-1 — 20; полисульфид П — 30; ПЭПА — 10.

38. Смола ЭД-6 — 100; ТИОЖ — 18—23; окись хрома — 75; ТЭА — 10—12.

39. Смола ЭД-6 — 100; смола ДЭГ-1 — 53; ТИОЖ — 33; ПЭПА — 15,4.

40. Смола ЭД-5 — 100; мономер ФА — 50—70; стирол — 20; ПЭПА — 15—25 или кубовые остатки ГМДА — 40—60. $\tau_ж = 2—3$ ч/20°С; $p_{отв} = 0,1—0,5$ кгс/см²; $t_{отв} = 15—30/80—100°$ С; $\tau_{отв} = 10—15/8—12$ ч; $\sigma_{сдв}$ (дюраль/дюраль) = 30 кгс/см²; $t_\Delta = (—60) \div (+250°)$ С.

41. Эпоксидная смола (75%-ный раствор в толуоле)—100; хлорированный полиэтилен (30%-ный раствор в толуоле)—20; ПЭПА—20. $\tau_ж = 3—4$ ч/20° С; $p_{отв} = 0,1—0,5$ кгс/см²; $t_{отв} = 18 — 20°$ С; $\tau_{отв} = 18$ ч; $\sigma_{сдв}$ (дюраль/дюраль) = 30 кгс/см²; $t_\Delta = (—80) \div (+170)°$ С.

42. Смола ЭД-5—100; смола Л-18—80; КВП—50. $\tau_ж = 4 — 6$ ч/20° С; $t_{отв} = 20/60 — 100°$ С; $\tau_{отв} = 170/3 — 5$ ч; $\sigma_в$ (сталь/сталь) = 125—150 кгс/см²; $\sigma_{отр} = 260—330$ кгс/см².

43. Смола Т-111—100; полиамид А-20—40; нитрид бора или Cr_2O_3 — 60. $\tau_ж = 4$ ч; $t_{отв} = 20/80°$ С; $\tau_{отв} = 48/4$ ч; $p_{отв} = 0,8—1,0$ кгс/см²; $\sigma_{сдв} = 200—320$ кгс/см²; $t_{раб} = 200°$ С, кратковременно до 400° С.

44. Мочевина — 360; формалин 40%-ный — 840; раствор КБЖ 50%-ный — 240; раствор едкого натра 40%-ный — 10—15.

45. Битум — 34—42; этилгидросилоксановые полимеры — 1,5—6,0; растительное масло — 2—4; ксилол — 48—62,5. (Повышенные физико-механические свойства.)

46. Жидкое стекло — 23; карбонат кальция — 54; вода — 23.

47. Нитроцеллюлоза (11,4% N)—15; камфора — 6; ацетон — 11; этиловый спирт — 44; амилацетат — 24.

48. ПВБ — 11,7; фенолформальдегидная смола — 17,70; эпоксидная смола — 11,77; алюминий (порошок) — 23,50; изопропилацетат — 23,5; изопропиловый спирт — 11,76.

49. Клей столярный — 19; гуммиарабик — 9; сахар — 36; вода — 72. (Кипятить при помешивании до необходимой вязкости).

50. Клей столярный — 144; вода — 96; после растворения добавляют в нагретый раствор: мыла хозяйственного — 144; квасцов алюминиево-калиевых — 72.

51. Клей столярный уваривают в воде до вязкости патоки, затем добавляют 35 г олифы и перемешивают до однородной массы.

52. Клей столярный — 100%. Растворяют при нагреве и перемешивают, затем добавляют: кислоты соляной — 10; цинка сернокислого — 15; перемешивают и прогревают 12 ч при 60—70° С.

53. Клей столярный — 144 г. Уваривают до требуемой вязкости и добавляют при перемешивании 36 г канифоли и 48 г терпентина.

54. Клей столярный — 50; вода — 100. (После растворения добавляют раствор: калий двухромовокислый — 10, вода — 50. Хранят в непрозрачной посуде; на свету необратимо затвердевает).

55. Калий хлористый — 100; вода — 400; клей столярный — 500. Клей иабухает в растворе хлористого кальция, затем его нагревают до полного растворения.

56. Патока сахарная или глюкоза — 120; вода — 360—400; известь гашеная — 300. Нагревают 1 ч при 75° С, сливают отстоявшийся раствор и вводят в него 120 г столярного клея. После набухания в течение 24 ч нагревают при перемешивании.

57. Клей столярный — 100; вода — 100. Нагревают до растворения, при перемешивании добавляют 100 глицерина и продолжают нагрев до испарения воды, затем разливают в формы и сушат.

58. Смола СММ-1 — 100; МАК — 7; ПБНЗ 30%-ная в ДБФ — 1. $\tau_ж$=0,3—0,5 ч/20° С; $p_{отв}$=0,5 кгс/см²; $t_{отв}$ = 20° С; $\tau_{отв}$=5—10 ч; $\sigma_{отр}$ (сталь/сталь) = 300—400 кгс/см².

59. Смола ПН-1 — 100; гипериз — 2—4; раствор НК в стироле — 10.

60. Органическое стекло (опилки или стружки). Растворяют при 20° С до нужной консистенции (обычно 2—3%) в одном из следующих растворителей: ледяная уксусная кислота; уксусный ангидрид; дихлорэтан; муравьиная кислота: метиловый эфир метакриловой кислоты. Срок хранения в закрытых сосудах — 2—3 мес при 18—20° С.

		А	Б
61.	Казеин кислотный	70,7	70,9
	Фтористый натрий	8,5	4,3
	Известь-пушонка	19,0	19,1
	Медный купорос	0,35	—
	Керосин	1,41	1,2
	Сода кальцинированная	—	4,3

62. (I) Казеин — 100; вода — 175—225; известь негашеная — 24; (II) вода — 100; (III) жидкое стекло (ρ = 1,49—1,5) — 26; Na_2CO_3 — 7,5; (IV) вода — 15; масло минеральное (ρ = 0,9).

Набухший в воде казеин (I) смешивают 5—8 мин с известковым молоком (II), затем вводят жидкое стекло (III), добавляют содовый раствор (IV), перемешивают 20—30 мин, вводят масло, перемешивают 5—10 мин.

63. Карбамидная смола — 100; смола ФР-12 — 20—25; хлористый аммоний — 2—2,6; мочевина — 1,3—3,6; хлористый натрий — 1,7—2,7; квасцы алюминиево-калиевые — 2,1—3,4; мука пищевая — 3—7.

64. Клей марки ЛК-1 (идитол — 57,6; канифоль — 9,4; спирт—33); смола ПСХ-С—23; канифоль — 7; ацетон — 70; этилацетат — 30.

65. Продукт № 24 (50%-ный раствор в этилацетате) — 20; продукт 102-Т — 5; ПВХ-смола (15%-ный раствор в ацетоне) — 30. Продукты перемешать и выдержать 50—60 мин при 16—20° С. Ввести раствор смолы, перемешать, выдержать 1 ч. $\tau_ж$=6—8 ч; $p_{отв}$=0; $t_{отв}$=20—30° С. Выдержка на воздухе до липкости и первого слоя — 30—60 мин, вторично — 5—15 мин. $\tau_{отв}$=24 ч, $\sigma_{отсл}$ (павинол/фанера) = =100—110 кгс/м; $\sigma_{отсл}$ (павинол/окрашенный металл) = 50—110 кгс/м.

66. Смола ЭД-5 — 10,3; смола ПСХ-С — 11,7; метиленхлорид — 74,0; циклогексанон — 7,8.

67. Лак бакелитовый — 100; уротропин — 2—3.

68. Эмульсия поливинилацетатная СВ — 100; кислота салициловая (0,16%-ный раствор) — 20; КМЦ (5%-ный раствор) — 36; этилсиликат — 2,5; аэросил марки не ниже 300 — 3,5.

69. Ацетон — 200—300 (300); ДБФ или ДБС—0—100; ПВА—30—60 (35); ПММА—40—80 (35); фенолформальдегидная смола резольного типа—8—30 (15); смола ЭД-5—8—30 (15). В скобках — оптимальные значения. Количество растворителя определяется требуемой вязкостью. Готовят, растворяя отдельно ПММА в ½ ацетона и ПВА в ⅓ ацетона. Сливают вместе, добавляют растворы смол в остатке ацетона, добавляют ДБФ, перемешивают при 18—22° С. Крепит ткани, синтетические пленки к дереву, древпластикам и другим материалам при местном нагреве.

70. Клеи повышенной термостойкости получают растворением в ацетоне, спирте или их смесях смолы, получаемой путем поликонденсации в среде 25%-ного раствора аммиака при 80—100° С следующей смеси (вес. ч.): 3-метил-3-глицидилоксибутин — 1; 2-метилциклогексан-3 — 7; фенол — 17,5; формалин 36—40%-ный — 17,7.

Концентрация смоляного раствора — 50%. Отверждение при нагревании — до 150° С. Прочность клея — 72—95 кгс/см² при 200° С.

71. Клей для электромонтажных работ. Бензин БР.1 — 21; инденкумароновая смола — 3; каолин — 40—50; найрит — 3—6; смола БМК-5 — 9—12; этилацетат — 21. Смолу БМК-5 дробят до 3—5 мм и заливают на сутки растворителем. Найрит вальцуют 10—15 мин и оставляют на 4—24 ч в смеси: найрит 30% + (бензин + этилацетат) — 70%, затем 20—30 мин растворяют в смесителе. Добавляют смолу, перемешивают 5 мин, добавляют каолин, перемешивают 1 ч. Скорость отверждения при 20° С — 2—2,5 мин.

72. Склеивание шлифовальных лент замкнутого контура (вес. ч.). Смола М-70 с хлористым аммонием — 10—15; пластифицированная ПВАЭ — 100. $t_{отв}$ = 23 ± 5° С, выдержка 10—15 мин при давлении 25±5 кгс/см². В работу — через 8—10 ч после склеивания. Перед склеиванием концы шлифовальной шкурки освобождают обжигом от абразива.

73. Фосфатное связующее клеевых композиций: алюмохромфосфатное связующее—85—94; эфиры ортокремневой кислоты, например этиловый — 6—15. Характеризуется пониженной температурой образования водостойких соединений.

74. Ударостойкое соединение твердых сплавов со сталью. Подслой — клей-герметик ГЭН-150В. Пленка отверждается 2 ч при 145±1° С. Основной состав (вес. ч.):

	А	Б
Диэтиланилин	—	1,35
Дициандиамид (ДЦДА)	20	—
Кварцевый песок (КВП)	—	1,35
Малеиновый ангидрид (МАН)	—	35
Олово (порошок)	150	—
Смола ДЭГ-1	30	—
Смола ЭД-6	100	100

Полимеризация при 170° С 6 ч при p = 4 кгс/см². $a_в$, кгс·см/см²: для (А) — 2—31, для (Б) — 43—45.

75. Соединение пенопластовых моделей при литье по газифицируемым моделям. Воск натуральный — 30, канифоль — 70.

76. Смола ДЭГ-1 — 12—14; ПБ — 62—64; смола ЭД-5 — 100. ПБ вводят в смолу, перемешивают, добавляют ДЭГ-1. $\tau_ж$ = =35—40 ч; $\tau_{отв}$ = 15—20 мин; термостойкость — до 250—300° С.

77. Клей для древесины (вес. ч.). Горячего отверждения: аммоний хлористый — 0,4—0,5; кислотный смесевой краситель № 16 — 0,4; ПВАЭ ВВН с 5% ДБФ — 20; смола УКС — 80. Отверждение при запрессовке (100—110° С) — 3 мин. Холодного отверждения: ПВАЭ ВВН с 5% ДБФ — 20; смола УКС — 80; фосфорная кислота — 3—4. Отверждение при 20° С 1—1,5 ч.

78. Клеящая композиция для водостойкой фанеры (вес. ч.). Древесная мука — 1—5; мел молотый — 2—15; смола ФР-12 — 1—40; уротропин или параформ — 0,1—0,5; фенолформальдегидная смола С-1 — 100. (Склеивание производят без сушки нанесенного клея.)

79. Мука мелкодисперсная рогокопытная — 16—33; смола МФ — 100. В смесь вводят отвердитель — хлористый аммоний в количестве: при pH смолы 7,8 — 1—1,5%; при pH=6,5—7 — 0,5—0,8%; при pH=6—6,6—0,4—0,5% от веса смолы. Склеивание при $p_{отв}$ = 115—140 кгс/см^2; $t_{отв}$=125—130° С; $\tau_{отв}$ = 4 мин; $\sigma_{скол}$=700—920 кгс/см^2.

80. Термостойкий клей для тензодатчиков (% вес.). Полиамид — 4—8; тетрахлорэтан — 1—7; хлороформ — 95—85. Клей холодного отверждения. Начало размягчения шва — 420° С. Температурный диапазон работы: длительно (—60)÷(+300)° С, кратковременно (—60)÷(+320)° С.

81—82. Клей повышенной водостойкости (вес. ч.): латекс дивинилстирольный — 100; костный клей — 0,1—0,2; натриевая соль монобутилнафталинсульфокислоты — 0,5 — 1; окись кремния — 2—3.

83. Клей для радиодеталей (% вес.). Ненасыщенная полиэфирная смола (продукт поликонденсации гликолей с ненасыщенной и насыщенной дикарбоновыми кислотами и ароматическим амином в сшивающем мономере) — 72—86; стеклосферы диаметром 40—50 ммк — 12—26; органическая перекись — 1—2,5. (Сниженная диэлектрическая проницаемость и повышенная теплостойкость.)

84. (% вес.). Битум — 45—60; фенолформальдегидная новолачная смола — 20—30; глицерин — 4—10; наполнитель — 15—20.

85. Клей повышенной влагостойкости (вес. ч.). Полиэфирная смола — 22—46; диметилвинилэтинилкарбинол — 1,5—20; редокс-система — 2,5—5,5; наполнитель — 24—74. (Повышенная ударная вязкость после отверждения).

86. Клей высокой прочности: этил- или триацетилцеллюлоза — 18—78; глицидиловый эфир дифенилолпропана — 18—78; триэтаноламинотитанат — 2—8. (Повышенная адгезия и прочность на разрыв.)

87. Клей для соединения деталей шлифовального инструмента. Жидкое стекло — 30—40; ферросилиций молотый — 58—69. (Повышенная прочность соединения.)

88. Клей для крепления поливинилхлоридных пленок к алюминиевым сплавам (вес. ч.). Эпоксидная диановая смола — 20—25; аминный отвердитель — 5—7; перхлорвиниловая смола — 5—7; сополимер винилхлорида с винилацетатом — 20—25; растворитель — 140—160. (Увеличенная жизнеспособность, сниженная температура активации, повышенная прочность клеевого шва.)

89. Клей повышенной теплостойкости (вес. ч.): эпоксидная смола — 100; полиаминоимидазолиновая смола — 90—100; бутилглицидиловый эфир — 90—100; диаллилизофталат — 25—35; гипериз — 0,6—0,7; нитрид бора — 330—340; кремний кристаллический — 60—70. (Повышенный коэффициент теплопроводности и устойчивость к действию положительных и отрицательных температур.)

90. Клей для изготовления лент (например, стеклослюдинитовых) (вес. ч.). Высокомолекулярная эпоксидная смола — 100; низкомолекулярная эпоксидная смола — 11—18,5; ацетобутират целлюлозы — 6—13; растворитель — до требуемой вязкости. (Повышенная прочность и эластичность лент.)

91. Клей для крепления поливинилхлоридного пластика к древесной фибре (вес. ч.). Сополимер винилхлорида с винилацетатом — 60—90; эпоксидная диановая смола — 5—30; фенолформальдегидная смола — 10—30; сложноэфирный полиуретановый каучук — 3—10; продукт 102-Т — 1—3; растворитель — 200—220; хлорид меди — 1,0—1,5. (Повышенная прочность крепления.)

92. 10—15%-ный водный раствор смеси (1—1,5 вес. ч. казеина с 0,5—0,75 вес. ч. силиконата натрия) — 10—11,25; бутадиенстирольный латекс — 89,5 — 90. (Повышенная эластичность и прочность крепления.)

93. 45 вес. ч. ПБМАК растворяют при перемешивании в 55 вес. ч. жидкого мономера БМАК, затем вводят при перемешивании 0,7 вес. ч. ДМА и 50 вес. ч. кварцевой муки либо 6 вес. ч. алюминиевой пудры. Хорошо перемешанную массу наносят тонким слоем на поверхность металла и сразу же совмещают склеиваемые поверхности. $\tau_ж$ клея — 3 ч. $\sigma_в$ = 40 кгс/см^2 по металлу, 70 кгс/см^2 по фосфатированной поверхности.

94. 90%-ный водный раствор ПВС—9 вес. ч; формалин 30%-ный—1 вес. ч.; катализатор—2 вес. ч. Состав катализатора (% вес.): $AlCl_3$—4; H_3PO_4—1; HCl—3; H_2O—92. Отверждение на холоде или с нагревом (ускоренно). $\tau_ж$=1 сут.

95. (% вес.) ПВХ-смола — 15; этилацетат—54,5; бутилацетат—30,0; ДБФ—0,5. Смола растворяется при перемешивании с t= =20—35° С, добавляется ДБФ. $\tau_{отв}$ = 24 ч; $t_{отв}$=20—25° С; $p_{отв}$=0,4—0,5 кгс/см^2.

96. (% вес.). Органическое стекло (стружка) или порошок Л-2—2—3; дихлорэтан—97—98. Выдержать до набухания стружки и перемешать. $\tau_ж$ = 2—3 мес; $p_{отв}$=0,5—1,5 кгс/см^2 для оргстекла толщиной 1,5—3 мм, 2 кгс/см^2—для оргстекла

толщиной более 3 мм. $t_{отв} = 25 \pm 10°$ С; $\tau_{отв} = 4$ ч под давлением и не менее 18 ч после снятия давления. $\sigma_{сдв} > 100$ кгс/см².

97. Клей а: смола РАФ-10—100; 5%-ный раствор NH_4Cl—18; клей б: смола РАФ-10—100; 5%-ный раствор NH_4Cl—9. Клей (б): $\tau_ж$=16 ч; $p_{отв} = 0{,}5$—1,0 кгс/см²; $\tau_{отв} = 1$ ч при 70° С или 24 ч при 25 ± 10° С.

98. Смола ВИАМ-Ф9—100 вес. ч.; контакт Петрова—1400/*a*, где *a*—кислотное число контакта. При изготовлении охлаждать мешалку до 15—20° С. $\tau_ж = 2$—3,5 ч; $p_{отв}$=2,5—3 кгс/см²; $t_{отв} = 25 \pm 10°$ С; $\tau_{отв}$ = =18 ч; $\sigma_{сдв}$ (дерево/дерево) = 130 кгс/см².

99. Клей для фанеры (% вес.). Смола М-60—100; хлористый аммоний—0,5—1 (в зависимости от кислотности смолы) или: смола МФ—100; хлористый аммоний—1—1,5 (при pH смолы ±6—6,5); NH_4Cl—0,4—0,5 (при pH = 7,5—8.) Перемешивать 20 мин. $\tau_ж > 2$ ч; $p_{отв}$ = 6—8 кгс/см²; $t_{отв}$ = 110—130° С; $\tau_{отв}$ = 9—10 мин для М-60; 15 мин для МФ; $\sigma_{сдв}$ (фанера/фанера) — не менее 335 кгс/10 см².

100. Клей для лавсановой пленки (% вес.). Смола ТФ-60—10—4; метиленхлорид или дихлорэтан—90—96. Допускается для ускорения твердения вводить 2 вес. ч. продукта 102-Т на 100 вес. ч. клея. Для изготовления клея смолу выдерживать в растворителе 4—6 ч; перемешивать. $\tau_ж$—не ограничено. Соединить поверхности, покрытые клеем, после выдержки 3—5 мин на воздухе. Склеенные пленки прокатать роликом, нагретым до 120—130°

101. (% вес.). Полистирол—4—25; толуол—4—5; бутилацетат—92—70. Залить полистирол растворителями, перемешивать до растворения. $\tau_{отв}$=10—19 ч; $t_{отв} = 25 \pm 10°$ С; $p_{отв}$ = 1,5—3 кгс/см²; при $t_{отв}$ = = 50—60° С $\tau_{отв}$=3—4 ч; $\sigma_{сдв}$ полистирола > 70 кгс/см².

Таблица 10.1

НАЗНАЧЕНИЕ КЛЕЕВЫХ СОСТАВОВ, ПРИВЕДЕННЫХ ВЫШЕ

Склеиваемые материалы	№ состава
Абразивные материалы	8, 9, 10, 76, 87
Алюминий — алюминий	4, 6, 40, 41, 42
Бетон	12, 13, 40, 71
Бумага	30, 46, 48, 49, 50, 55, 56, 61, 62, 92 (см. также 2.7)
Винипроз	95
Дерево — дерево	1, 7, 16, 18, 30, 40, 44, 46, 50, 51, 52, 53, 54, 57, 61, 62, 63, 77, 78, 79, 81, 98
Дюралюминий — дюралюминий	4, 6, 40, 41, 42
Картон	30 44 46, 48, 50, 51, 55, 56, 61
Керамика	4, 10, 21, 22, 34, 40, 71
Клеесварные соединения	36
Кожа	26
Латунь	41
Магниевые сплавы	4
Металл — металл	2, 4, 6, 10, 31, 33, 34, 36. 37, 39, 40, 42, 43, 93
Металл — пенопласт	1, 36
Металл — пластмасса	14, 34, 35, 37, 40, 42, 43
Металл — стеклопластик	35, 37, 42
Пенопласт — пенопласт	1, 14, 17, 36, 75
Пенопласт — металл	1, 36
Пенопласт — ПВХ	29
Пенопласт теплостойкий	36
Пластикат—ПВХ	14, 29
Пластмасса — металл	14, 35, 43
Пластмасса — пластмасса	36 (см. также 2.5)
Пленка лавсановая	100
Поливинилхлорид — металл	29, 29, 88
Поливинилхлорид — дерево	91
Полистирол	4
Полиэтилен	41
Полупроводники	10
Пьезоэлементы	24, 25
Резина	См. раздел 2.6
Рубероид	17
Свариваемые металлы	93
Слоистые пластики	7, 34
Слоистые пластики — дерево	7
Сталь — сталь	2, 4, 6, 10, 40, 42
Сталь — твердый сплав	74
Стекло силикатное	4, 12, 21, 22, 23, 46, 48, 52, 71
Стекло органическое	4, 32, 58, 60, 96
Стеклопластик	2, 10, 90, 97
Стеклопластик — металл	35, 37, 42
Стеклоткань	3
Стеклотекстолит	34, 40
Стеклотекстолит — металл	38, 40
Стекло — рубероид	17
Твердые сплавы — сталь	74
Текстолит	1, 34, 40, 41
Теплоизоляционные материалы	17, 64 (см. также 2.9)
Титановые сплавы	10
Ткани	69 (см. также 2.7)
Фанера	1, 7, 16, 18, 30, 40, 44, 46, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 61, 62, 63, 78, 99
Фарфор	20, 21, 22
Ферриты	4, 11, 24, 59
Фторопласт	41
Целлофан	19, 94
Шелковый ворс	92
Шлифовальные ленты	72

Применяются и многие другие составы, здесь приведены лишь наиболее характерные.

2. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ КЛЕИ

Наряду с приведенными выше клеями общего применения существует много клеевых составов достаточно узкой специализации, играющих важную роль в определенных технологических операциях. Некоторые из этих составов рассматриваются ниже.

2.1. СИЛОВЫЕ (КОНСТРУКЦИОННЫЕ) ЭПОКСИДНЫЕ КЛЕИ

Клеи на основе эпоксидных смол являются в настоящее время наиболее распространенными клеями высокой прочности и технологичности. Они характеризуются широкой универсальностью применения, так как обеспечивают хорошую адгезию к большинству металлических и неметаллических материалов, применяемых в практических условиях. Несмотря на большое разнообразие рецептурных вариантов, эпоксидные клеи состоят из ограниченного числа исходных компонентов, сводимых к четырем основным группам веществ по функциональному назначению: 1 — собственно эпоксидная смола или ее модификация — связующее и основа клея (ЭД-5, ЭД-6, Э-40 и др.); 2 — отвердитель — вещество, ускоряющее полимеризацию и отверждение смолы и соответственно клея (амины — ГМДА, ДЦДА, МФДА, ТЭА, ДМА, ПЭПА и др.; низкомолекулярные полиамиды — смолы «Л», «С», «Т»; кислотные отвердители — МАН, ФАН, МТГФА, ТГФА, ХЭА); 3 — пластификаторы, изменяющие эластичность и твердость отвердевшего клея (ДБФ, ПЭФ); 4 — наполнители — дисперсные минеральные вещества (кварц пылевидный, тальк, слюда молотая, цемент и др.).

Соотношение количества компонентов каждой из этих групп определяется эпоксидным числом взятой смолы (э), ее вязкостью, назначением клея, требованиями к его свойствам после отверждения и рядом других факторов.

Режим отверждения клея характеризуется двумя основными параметрами — температурой ($t_{отв}$) и длительностью ($\tau_{отв}$). Значения их для конкретных рецептов несколько различны, так как определяются соотношением и характером компонентов состава и технологическими требованиями. Примерные режимы отверждения для типовых сочетаний приведены в табл. 10.2.

Таблица 10.2

РЕЖИМЫ ОТВЕРЖДЕНИЯ

Отвердитель	$t_{совм}$, °С	$t_{отв}$, °С	$\tau_{отв}$, ч
ДМА	60	25 80 100	120 8—10 4—6
ГМДА	40—60	60 100 120	10 6 3
МФДА	60—90	80 120	8 2
ТЭА	40—80	80 100	8 6
Л-18, Л-19, Л-20	20—40	60 80 120	10—15 8—10 4—6

Приводимые в данном разделе составы эпоксидных клеев, как отмечалось выше, являются в значительной мере универсальными — пригодными для склеивания разнообразных как металлических, так и неметаллических материалов.

Указания о склеиваемых материалах и данные о прочности их соединений, содержащиеся в характеристиках конкретных составов, следующих ниже, следует рассматривать лишь как типичные примеры.

(вес. ч.):

1. Для склеивания черных и цветных металлов, пластмасс, пеиопластов и других неметаллических материалов. Смола Э-40—100; ПЭПА или ГМДА—8—12; ДБФ—10—15. $\tau_ж$=45—90 мин; $p_{отв}$=0,1—3,0 кгс/см²; $t_{отв}$ = 25 ± 10° С; $\tau_{отв} \geqslant$ 24 ч; $\sigma_{сдв}$ = 60 — 90 кгс/см²; $\sigma_в$ = 130 — 250 кгс/см²; t_Δ = = ± 60° С, $\sigma_в$ (дюраль/дюраль) = 150 — 400 кгс/см²; $\sigma_{сдв}$=60—140 кгс/см².

2. ГМДА—12; полиэфир МГФ-9—10; смола ЭД-5 — 10; тиокол жидкий—20. t_Δ = =(—60)÷(+95°) С; $\tau_ж$=1 ч/20° С; $t_{отв}$=25+ +65° С; $\tau_{отв}$ = 24 + 5 ч; $t_{отв}$ = 25 + 100° С; $\tau_{отв}$=18+4 ч. Склейка Д16/стеклопластик—$\sigma_{сдв}$=150 кгс/см².

3. Каучук СКН-26—20; ПЭПА—10; полиэфир МГФ-9—20; смола ЭД-5—100; t_Δ = =(—60)÷(+70)° С; $\tau_ж$ = 21 ч/20° С; $t_{отв}$ = = 20/140° С; $\tau_{отв}$ = 24/5 ч. Склейка резина/металл—$\sigma_{сдв}$=4 кгс/см².

4. ДЦДА—0,49э; КВП—1,1—1,5; смола ЭДЛ—100. t_Δ = (— 60)÷(+130)° С. $\tau_ж$ при 20° С—длительное. $t_{отв}$ = 180° С; $\tau_{отв}$ = 3 ч. Склейка сталь/сталь—$\sigma_в$=320 кгс/см².

5. ДМА—0,2—0,5; МАН—30—40; КВП—200—250; смола ЭД-6—100. t_Δ = (—60)÷ ÷(+100°) С; $\tau_ж$ = 48—72 ч; $t_{отв}$ ≤ 120° С; $p_{отв}$ = 0,5—2 кгс/см²; $\tau_{отв}$ = 10 ч. Склейка сталь/сталь: $\sigma_в$ = 740 кгс/см²; $\sigma_{сдв}$ = 260 — 330 кгс/см². Для черных и цветных металлов, керамики, стекла.

6. ДБФ—10; КВП—180—220; смола ЭД-6—10; ТЭА—10. t_Δ = (—60)÷(+100)° С; $\tau_ж$ = 2—3 сут/20° С; $t_{отв}$ = 120/140/160° С; $\tau_{отв}$ = 10/7/5 ч. Склейка сталь/сталь: $\sigma_в$ = = 720 кгс/см²; $\sigma_{сдв}$=370 кгс/см².

7. Ацетон—60—80; ДБФ—10; смола ЭД-6—100; ТЭА—10. t_Δ=(—60)÷(+100)° С; $\tau_ж$=1 мес/20° С; $t_{отв}$=120/140/160° С; $\tau_{отв}$ = = 10/7/5 ч. Склейка сталь/сталь: $\sigma_в$ = =750 кгс/см²; $\sigma_{сдв}$=415 кгс/см².

8. Алюминиевая пудра—0,2—0,4; ДБФ—10; смола ЭД-6—100; ТЭА—10. t_Δ =(—60)÷ ÷(+ 100)° С; $\tau_ж$ = 2—3 сут/20° С; $t_{отв}$ = = 120/140/160°; $\tau_{отв}$ = 10/7/5 ч. Склейка сталь/сталь: $\sigma_в$=530 кгс/см²; $\sigma_{сдв}$=380 кгс/см².

9. Ацетон—80; ДБФ—10; нигрозин (2%-ный раствор)—3,2 мл; смола ЭД-6—100; ТЭА—10. t_Δ= +100° С; $t_{отв}$ = 100° С. $\tau_{отв}$ = 10 ч. Склейка сталь/сталь: $\sigma_в$ = =700 кгс/см². $\sigma_{сдв}$=380 кгс/см².

10. ДБФ—10; карбонильное железо—700—750; смола ЭД-6—100; ТЭА—10. t_Δ = =200° С; $\tau_ж$ = 2 сут/20° С; $t_{отв}$ = 120/190° С;

$\tau_{отв}$ = 10/3—4 ч. Склейка сталь/сталь: $\sigma_в$ = =930 кгс/см²; $\sigma_{сдв}$=300 кгс/см².

11. Железо карбонильное—700—800; МАН—2,28э; смола ЭД-6—100. t_Δ=200° С; $\tau_ж$ = 2 сут/20° С; $t_{отв}$ = 120/190° С; $\tau_{отв}$ = = 10/3—4 ч. Склейка сталь/сталь: $\sigma_в$ = =930 кгс/см²; $\sigma_{сдв}$ = 300 кгс/см².

12 ГМДА—8—11; ДБФ—10—15; смола ЭД-6—100; t_Δ=(—60) ÷ (+70)° С; $\tau_ж$=0,5 — 0,7 ч/20° С; $t_{отв}$ = 25/70° С; $\tau_{отв}$ = 24/7 ч. Склейка сталь/сталь: $\sigma_в$=420 кгс/см²; $\sigma_{сдв}$ = =220 кгс/см².

13. ДБФ—10—15; ПЭПА—10—15; КВП—0,6—1,8д; смола ЭД-6 — 100. t_Δ=(—60) ÷ ÷ (+70)° С; $\tau_ж$ = 0,4—0,5 ч/20° С; $t_{отв}$ = =20/70° С; $\sigma_в$=250 кгс/см²; $\sigma_{сдв}$ = 180 кгс/см².

14. Смола ДЭГ-1—20; смола Л-19—100; смола ЭД-5—100. $t_{отв}$=20° С.

15. Смола ДЭГ-1—20; смола Л-19—80; смола ЭД-5—100; смола ЭД-6—100. $t_{отв}$ = =20° С.

16. ДБФ—10—15; ПЭПА—8—12; смола ЭД-6—100. t_Δ=(—60)÷(+100)° С; $\tau_ж$=0,5 — 0,7 ч/20° С; $t_{отв}$ = 25/70° С; $\tau_{отв}$ = 24/7 ч. Склейка сталь/сталь: $\sigma_в$=280 кгс/см²; $\sigma_{сдв}$= = 190 кгс/см².

17. ДБФ—10—15; ПЭПА—12; смола ЭД-5—100. t_Δ=(—60)÷(+100)° С; $\tau_ж$=0,5—0,7 ч/20° С; $t_{отв}$ = 25/70° С; $\tau_{отв}$=24/7 ч. Склейка сталь/сталь: $\sigma_в$=280 кгс/см²; $\sigma_{сдв}$= =190 кгс/см².

18. ДЦДА — 0,49э; метилцеллозольв или этилцеллозольв—100—140; смола ЭД-6 или ЭДЛ—100. t_Δ = (—60) ÷ (+130)° С (кратковременно 200); $\tau_ж$ = 6 мес/20° С; $t_{отв}$ = =190/150° С; $\tau_{отв}$ = 5/15 ч. Склейка сталь/сталь: $\sigma_в$ = 850 кгс/см²; $\sigma_{сдв}$ = =550 кгс/см².

19. ДЦДА—0,49э; метилцеллозольв или этилцеллозольв—100—140; смола ЭДЛ—100. t_Δ=(—60) ÷ (+130)° С (кратковременно 200); $\tau_ж$=6 мес/20° С; $t_{отв}$=190/150° С; $\tau_{отв}$ = = 5/15 ч. Склейка сталь/сталь: $\sigma_в$ = =850 кгс/см²; $\sigma_{сдв}$=550 кгс/см².

20. ДБФ—10—15; смола Л-19—50—100; смола ЭД-6 или ЭДЛ—100. Склеивает черные и цветные металлы, ферриты, керамику, стекло, дерево, пластмассы. t_Δ = = (—60) ÷ (+100)° С; $\tau_ж$ = 0,5—1,0 ч/20° С, $p_{отв}$ = 0,3—3,0 кгс/см²; $t_{отв}$ = 25/75/100° С; $\tau_{отв}$=48/7/3 ч. Склейка сталь/сталь: $\sigma_в$ = =300—340 кгс/см²; $\sigma_{сдв}$ = 240—270 кгс/см².

21. ДБФ—10—15; смола Л-19—60—100; смола ЭДЛ—100. t_Δ = (—60) ÷ (+100) ° С; $\tau_ж$=0,5—1,0 ч/20° С; $t_{отв}$=25/75/100° С; $\tau_{отв}$ = = 48/7/3 ч. Склейка сталь/сталь: $\sigma_в$ = = 300 кгс/см²; $\sigma_{сдв}$=270 кгс/см².

22. ДБФ—10—15; смола Л-20—50—80; смола ЭД-6—100. t_Δ = (—60) ÷ (+100)° С; $\tau_ж$=0,5—1,0 ч/20° С; $t_{отв}$=25/75/100° С; $\tau_{отв}$ = =48/7/3 ч. Склейка сталь/сталь: $\sigma_в$ = =300 кгс/см²; $\sigma_{сдв}$=270 кгс/см².

23. ГМДА—16; смола ЭД-6+полиэфир МГФ-9—100. t_Δ=(—60)÷(+70)° С; $t_{отв}$=70°С; $\tau_{отв}$=7 ч.

24. ДИОФ—3; ПЭПА—12—15; смола ЭД-5—100; смола ПФ-4—3. Растворитель: толуол—34; циклогексанон—55.

25. Смола ЭД-5—100; ПЭПА—15; ПХС-смола—20. Растворитель: циклогексанон — 10; метиленхлорид—90. $\tau_ж$=1,5—2 ч; $p_{отв}$ = =2—3 кгс/см²; $t_{отв}$ = 20° С; $\tau_{отв}$ = 24—36 ч. Склеивает поливинилхлорид с металлом, деревом, бетоном и др.

26. ПЭПА—10; полиэфир МГФ-9—20; смола ЭД-5—100. t_Δ=(—60)÷(+80)° С; $\tau_ж$= =0,5—0,7 ч/20° С; $t_{отв}$ = 20/120° С; $\tau_{отв}$ = =24/6 ч. Склейка сталь/стеклопластик— $\sigma_в$= =140 кгс/см².

27. Кубовые остатки ГМДА—20—24; мономер ФА—70; наполнитель—до нужной консистенции; ПЭПА—10—16; смола ЭД-5—100; стирол—20. t_Δ= (—60) ÷ (+250)° С; $\tau_ж$=2—3 ч при 20° С; $t_{отв}$=20/80° С; $\tau_{отв}$ = =10—15/12 ч. $\sigma_{сдв}$ = 30—80 кгс/см²; $\sigma_в$ (бетон/бетон)=80 кгс/см². (Склеивает слоистые пластики, древесину, металл).

28. ДБФ—20; ПЭПА—8; полиэфир МГФ-9—20; слюда молотая—20—30; смола ЭД-6—100. t_Δ= (—60) ÷ (+80)° С; $\tau_ж$=0,5—0,7 ч/20° С. $t_{отв}$=20—120° С; $\tau_{отв}$ = 24/6 ч.

29. Смола Л-20—60; смола ЭД-5—100; тиокол МБВ-2—30. $\sigma_в$=80 кгс/см².

30. Эпоксидно-новолачный блок-сополимер (продукт взаимодействия резорциново-эпоксидной и новолачной смол в соотношениях от 7 : 3 до 1 : 1) — 45—80; отвердитель — 0,05—0,80; активный разбавитель — 2,5—7,0; наполнитель — до 100%. Обладает повышенной адгезией.

31. Блок-сополимер эпоксидной и фенолформальдегидной новолачной смол — 100; продукт дициандиамида с тетрагидрофуриловым спиртом (в соотношении от 3 : 20 до 1 : 5) — 10—15. (Сниженная температура и длительность отверждения.)

32. Смола ЭД-6 — 100; МАН — 2,28 (32—42 вес. ч. в зависимости от числа эпоксидных групп в смоле); полиэфир № 1 или № 220 — 15—20; пылевидный кварц — 200—250. МАН можно заменить МТГФА в количестве 3,86 на 100 вес. ч. смолы. $\tau_ж$=48 ч; $p_{отв}$ = 0,5—1,0 кгс/см²; $t_{отв}$= =8—10 ч при 100—120° С или 6—7 ч при 150—160° С; $\sigma_{сдв}$ (сталь/сталь) =250 кгс/см².

33. Смола ЭД-5 — 100; смола Л-19 — 80.

34. Смола ЭД-5 — 100; смола Л-20 — 60; ПЭПА — 20.

35. Смола ЭД-5 — 100; смола Л-18 — 100; ПЭПА — 20.

При изготовлении составов (34) — (35) сначала смешивают смолы, затем добавляют ПЭПА. $\tau_ж$ = 4—5 ч; $p_{отв}$=0,1—2,0 кгс/см²; $t_{отв}$ = 25±10° С 48—72 ч или 65±10° С 4—5 ч. Затем 70—80° С 6 ч или 100—120° С 4 ч; $\sigma_{сдв}$ (дюраль/дюраль) > 35 кгс/см².

36 Смола ЭД-5 или ЭД-6—100; ДБФ или МГФ-9—10—15; ПЭПА—12—14; КВП—80—200. (Кварц можно заменить другими наполнителями. Можно не применять наполнителя). Перемешивать без ПЭПА и желательно вакуумировать при 90° С и 10—20 мм рт. ст; ПЭПА вводить при комнатной температуре. $\tau_ж$=30—40 мин; $p_{отв}$ = 0,5—0,7 кгс/см²; $t_{отв}$=25±10° С 24 ч или 70° С 5 ч или 100° С 3 ч. $\sigma_{сдв}$ (Ст. 3/Ст. 3) (отверждение 24 ч при 20° С)>150 кгс/см². При $t_{отв}$ = =70—100° С $\sigma_{сдв}$ больше в 3—4 раза.

37. Смола ЭД-5 или ЭД-6—100; ПЭПА — 13; МГФ-9—20; каучук СКН-26—1—70. $\tau_ж = 2$ ч; $p_{отв} = 0,1—3,0$ кгс/см²; $t_{отв} = 20°$ С; $\tau_{отв} = 48$ ч; $\sigma_{сдв} = 150$ кгс/см².

38. Смола ЭД-5 или ЭД-6—100; ПЭПА — 25; МГФ-9—75; каучук СКН-26—200. $\tau_ж \geqslant 2$ ч; $p_{отв} = 0,1—3,0$ кгс/см²; $t_{отв} = 20°$ С; $\tau_{отв} = 48$ ч; $\sigma_{сдв} = 80$ кгс/см².

39. Смола ЭД-9—100; ПЭПА—10—12; смола ПН—1. $\tau_ж = 60$ мин; $p_{отв} = 0,1$ — 5,0 кгс/см²; $t_{отв} = 20°$ С; $\tau_{отв} = 24$ ч; $\sigma_{сдв} = 100$ кгс/см²; $t_{раб} = 65°$ С.

40. Смола ЭД-6 — 100; ТИОЖ или ДЭГ — 1—40; ПЭПА — 13,5; КВП — 150; цинк (пыль) — 50. Смолу нагревают до 80° С, добавляют ДЭГ, охлаждают примерно до 20° С, вводят ПЭПА и кварц.

41. Смола ЭД-6 — 100; фенольная смола ФНФ — 20; ТИОЖ или смола ДЭГ-1—30—40; ДЦДА — 8; КВП — 140—160; цинк (пыль) — 50. Смолу нагревают до 80° С, добавляют ТИОЖ или ДЭГ-1, размешивают, нагревают до 100° С, вводят при помешивании ДЦДА, повышают температуру до 130° С, перемешивают 15—20 мин, охлаждают до 120° С, вводят ФНФ, затем наполнители. Мешают до 18—20° С.

42. Смола ЭД-6—100; сложные амины—20; ТГМ-3—20—30. $\tau_ж = 30$ мин; $p_{отв} = 0,1$—3,0 кгс/см²; $t_{отв} = 20°$ С; $\tau_{отв} = 24—72$ ч; $t_\Delta = \pm 60°$ С).

2.2. КЛЕИ-РАСПЛАВЫ

Клеями-расплавами называются составы, наносимые на склеиваемые поверхности в расплавленном состоянии и прочно соединяющие эти поверхности после охлаждения и затвердевания. Соединение происходит очень быстро, так как при затвердевании не требуется удалять растворитель или воду, нужно лишь охладить клеевую массу. Составы клеев-расплавов весьма разнообразны.

1. Полиамидная смола (Мм 10 000)—50; полиизобутилен — 20; политерпеновая смола — 20—60.

2. Полиэтилен низкомолекулярный (Мм 18 000) — 25; сополимер (98 вес. ч. изобутилена + 2 вес. ч. изопрена) — 40; пиненполимер — 35.

3. Винилхлорид — 30; винилацетат — 10.

4. Бутилкаучук — 50; парафин — 50.

Сочетание высокой прочности (сопротивление шва на скалывание — 35—45 кгс/см²), технологичности и низкой стоимости достигается за счет введения низкомолекулярного полиэтилена (Мм 12 000—20 000), поливинилбутираля и сополимера хлоропрена с метилметакрилатом.

Поливинилбутираль и сополимер хлоропрена с метилметакрилатом улучшают адгезионные свойства клея, а полиэтилен регулирует вязкость и текучесть композиции.

5. Высокопрочный клей-расплав (вес. ч.). Инден-кумароновая смола ($t_{пл} = 90$—120° С) — 15—25; канифоль ($t_{пл} = 90$—100° С) — 25—35; полиэтилен (Мм 12 000 — 20 000) — 6—9; алкидная смола (например, глифталевая) — 28—33; поливинилбутираль клеевой — 3,5—4,5; сополимер хлоропрена с метилметакрилатом — 7—10.

Клей готовят следующим образом. В реактор с рубашкой, заполненной высокотемпературным теплоносителем, при 180—210° С заливают предварительно расплавленную глифталевую смолу. Вводят латекс сополимера хлоропрена с метилметакрилатом и поливинилбутираль. Включают мешалку. Перемешивание продолжают до полного и однородного сплавления. Далее при работающей мешалке прибавляют полиэтилен.

После полного сплавления мешалку останавливают и вводят канифоль и инден-кумароновую смолу. После расплавления крупных кусков смол включают мешалку и перемешивают до полного сплавления компонентов и получения однородной массы клея. Продолжительность процесса варки клея 4—4,9 ч. Готовый клей сливают в формы, где его охлаждают на воздухе или потоком воды.

6. Клей-расплав (вес. ч.). Диэтиленгликоль — 50—100; изопренстирольный термоэластопласт — 5—20; полиэтилентерефталат — 100. (Повышенная термостабильность и прочность шва.)

7. Состав для пленочных клеев (вес. ч.). Поливинилбутираль — 20—75; эпоксидно-новолачный блок-сополимер — 25—80. (Улучшенная технологичность.)

8. Клеи-расплавы, чувствительные к давлению (% вес.). Основной состав этих клеев: сополимер винилацетата (35—65% вес.); виниллаурат (65—35%) с коэффициентом полимеризации $K = 35—65$; воск — 2—10% к смеси сополимеров.

Конкретные составы (вес. ч.):

А. Воск кислотный ($t_{пл} = 80—83°$ С; $\rho = 0,99—1,0$ г/см³) — 7; сополимер: 50% винилацетата + 50% виниллаурата ($K = 48$; $\eta = 18$ П при 160° С) — 100. η расплава 100 П при 160° С. Клей готовят перемешиванием при 100° С до однородности.

Б. Состав А — 100: полиадипат ($t_{рзм} = 30°$ С) — 5. Нагревают при 120° С и помешивают до получения однородного расплава. η расплава 70 П при 160° С.

В. Воск микрокристаллический синтетический из твердого парафина ($t_{затв} = 90$—94° С) — 2; сополимер: 57% винилацетата + 43% виниллаурата ($K = 37$, $\eta = 50$ П при 160° С) — 100. Нагрев до 120° С при перемешивании. η расплава 20 П при 160° С.

Г. Воск эфирный, частично омыленный ($t_{заст} = 73—76°$ С) — 6; сополимер: 42% винилацетата + 58% виниллаурата ($K = 56$) — 100. Нагрев при 120° С до однородного расплава. Применяется при 140—150° С.

9. Низкоплавкие клеи для фиксации с небольшой адгезией (% вес.):

	А	Б
Вазелин	70	До 100
Воск	—	5—10
Каучук	10	1—3
Парафин	20	5—10
Церезин	—	2—4
$t_{пл}$, °С	95	50

Расплавляют парафин, воск и церезин, вводят каучук, затем вазелин. Клей (Б) применяется, например, для фиксации бритвенных лезвий в бумажной упаковке.

2.3. ОПТИЧЕСКИЕ КЛЕИ

Оптическими называются клеи, предназначенные для склеивания оптических деталей, изготовленных из разнообразных неорганических стекол (силикатных, фосфатных, лантановых и др.), а также из монокристаллов и органических стекол. Их применяют также для склеивания оптических деталей с металлическими. Требования к этим материалам и свойства основных марок стандартизованы (ГОСТ 14887-69). Здесь остановимся лишь на составах этих клеев и их назначении (табл. 10.3).

1. Оптический клей бальзамин. Технический карбинол очищают перегонкой при 50—60° С под разрежением 8—18 мм рт. ст.; к дистилляту прибавляют 1—1,5% перекиси бензоила и полимеризуют бальзамин в освещенном термостате при 60° С до нужной вязкости (2—5 П для склеивания линз и 15—20 П для склеивания призм). При такой вязкости бальзамин можно хранить несколько часов. Без перекиси бензоила свежеперегнанный карбинол можно хранить до 24 ч при 0° С. $t_{раб}$ = 70—80° С; Δl = 14%.

2. Оптический клей бальзамин-М. Продукт частичной полимеризации карбинола под действием системы новинитдиметиламинобензальдегид. $t_{раб}$ = 18—26° С; Δl = 10,5%.

3. Оптический клей ОК-50П. Основой служит чистая смола ЭД-5 с повышенным содержанием эпихлоргидрина. Отверждение достигается добавлением ПЭПА в количестве 10 г на 100 г клея. Применяется фракция ПЭПА, кипящая в интервале 100—130° С при перегонке под разрежением 2 мм рт. ст. Смесь с отвердителем жизнеспособна 40 мин при 18—20° С. $t_{раб}$ = 18—26° С; Δl = 6,5—7%.

4. Поливинилацетатный оптический клей УФ-235М. Раствор тщательно очищенного ПВА в смеси винилацетата и циклогексанола. Мономер винилацетата полимеризуется в кварцевой посуде без катализатора, под действием ультрафиолетовых лучей. $t_{раб}$ = 95° С; Δl = 40—60%.

5. Оптический акриловый клей. Раствор низкомолекулярного сополимера метил- и бутилметакрилатов в ксилоле. 45 мл метилметакрилата и 135 мл бутилметакрилата сополимеризуют в 75 мл ксилола в присутствии 3,2 г ПБНЗ при 130±2° С в колбе с мешалкой и обратным холодильником в течение 4 ч. Полученную массу разбавляют ксилолом до рабочей вязкости 5—20 П. $t_{раб}$ = 50—90° С; Δl = 40—50%.

6. Оптический клей ОК-60. Раствор кремнеорганической смолы К-40 в тетрахлорэтилене. $t_{раб}$ = 18—26° С; Δl = 14,5%.

7. Оптический клей ОК-90 пластифицированный. Состоит из ненасыщенной полиэфирной смолы ПН-3, пластифицированной диметилфталатом, модифицированной силаном. Полимеризуется системой: гидроперекись кумола — ванадиевый ускоритель. $t_{раб}$ = 18—20° С; Δl = 8%.

8. Оптический клей ОК-72Ф. Основой служит чистая смола ЭД-5, растворенная в очищенном дифенилолпропане с фенилглицидным эфиром и вератоном. Отверждается добавкой ПЭПА — фракции, кипящей в интервале 60—100° С при разрежении 2 мм рт. ст. $t_{раб}$ = 18—26° С; Δl = 3,6%.

9. Некристаллизующийся оптический клей «ИК-бальзам» (вес. ч.). Сера — 10—80; йод — 2—60; мышьяк — 10—60; сурьма — 2—15.

Приготовляется клей (один из составов) следующим образом: 20,9 г мышьяка, 6 г сурьмы, 31,5 г серы, 41,6 г йода помещают в кварцевую ампулу, откачивают воздух в течение 30 мин в вакууме 10 мм рт. ст. После этого ампулу запаивают, помещают в печь и выдерживают при 500° С 4 ч. Перемешивают каждый час, после чего резко охлаждают от температуры 500° С до комнатной. При использовании необходимое количество клея, в зависимости от размера деталей, прогревают в термостате до расплавления (вязкость расплава 0,2—0,3 Н·с/м²). Одновременно при той же температуре прогревают склеиваемые детали. Затем палочкой наносят одну или несколько капель клея на поверхность склеиваемых деталей и растирают до удаления пузырьков воздуха и избытка клея. Введение йода в количестве 41,6% вес. снижает температуру склеивания до 120—130° С, что существенно упрощает его технологию. Частичная замена мышьяка сурьмой увеличивает показатель преломления, что имеет большое значение при склеивании высокопреломляющих материалов.

Таблица 10.3

ОСНОВНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ОПТИЧЕСКИХ КЛЕЕВ

Назначение клея (объекты склеивания)	№ состава
Линзы, призмы и другие оптические детали из силикатных стекол всех марок, работающих в видимой области спектра	1, 2, 3, 5, 7, 8
Оптические детали из ультрафиолетового стекла, кварца, флюорита, фтористого лития и других минералов, прозрачных в ультрафиолетовой области спектра от 220 нм	4
Оптические детали из кристаллов (например, из флюорита, хлористого натрия, бромистого калия и др.), прозрачных в инфракрасной области спектра до 8000 нм	6, 9
Поляризационные призмы из кальцита	5
Силикатное стекло с металлом (кроме олова, хрома, инвара, ковара)	3, 5
Светофильтры и поляроиды	2, 5
Детали из квасцов для зеркальных объективов	5
Силикатное стекло с органическим	7
Пластины монокристаллического германия	7, 9
Консольно подвешенные, работающие на удар, детали оптических приборов	3, 8

Продолжение табл. 10.3

Назначение клея (объекты склеивания)	№ состава
Детали из силикатных стекол с различными покрытиями	3, 8
Детали в тропическом исполнении	8
Детали с разностью коэффициентов термического расширения ($\Delta\alpha$) более $30\cdot10^{-7}$	2, 8
Детали из тяжелых флинтов	8
Латунные и дюралюминиевые коронки к рубину	7
Детали с разностью коэффициентов термического расширения ($\Delta\alpha$) не более $30\cdot10^{-7}$ и диаметром не более 80 мм	1
Оптические детали с любым отношением наименьшей толщины к диаметру (δ/D), легко деформируемые при склеивании бальзамином	2
Герметизация склеивающих слоев	8
Крупногабаритные оптические линзы для видимой части спектра	7
Детали из силикатного стекла диаметром до 30 мм	5
Кюветы для жидкостей	3
Детали из оптических кристаллов и стекол ТКС-23-25 для работы в диапазоне 1—13,5 мкм	9

2.4. ЦИАНАКРИЛАТНЫЕ КЛЕИ

Клеевые составы, основой которых являются мономерные цианакрилаты, известны у нас в стране под общим наименованием «клей циакрин». Они представляют значительную ценность при решении многих технических задач, так как быстро отвердевают на холоде, не содержат растворителей, не требуют катализаторов и без приложения давления дают соединения высокой прочности.

Приготовление этих клеев в достаточной степени сложно и производится по специальной технологии. Поэтому здесь приведен ряд вариантов приготовления цианакрилатных клеев повышенной адгезии и эластичности, что достигается введением в основу (эфир цианакрилата) пластификаторов, стабилизаторов и загущающих добавок.

В частности, в клеевую композицию вводят карбинольный сироп и (или) его производные, например, сополимер с эфиром цианакриловой кислоты. Примеры конкретных клеевых композиций и способы их приготовления таковы:

1. 85 г мономерного этил-α-цианакрилата, содержащего 0,2% вес. двуокиси серы в качестве стабилизатора, при комнатной температуре в полиэтиленовых флаконах с 15 г цианэтилового эфира ДМВЭК. $\sigma_{сдв}$ на образцах из Д-16 составляет при 20° С в среднем 170 кгс/см²; $E_{ю}$=4000 кгс/см². $E_{ю}$ чистого полиэтил-α-цианакрилата — 15 700 кгс/см².

2. Клеевую композицию, состоящую из 35 г мономерного этил-α-цианакрилата и 15 г ДМВЭК, готовят по (1). $\sigma_{сдв}$ клеевого шва при склеивании образцов из Д-16 указанной композиции составляет 165 кгс/см². Композиция стабильна при хранении.

3. Способ приготовления аналогичен описанному в (1), но в качестве сомономера применяют изобутиловый эфир ДМВЭК в соотношении к мономерному цианакрилату 10 : 90. $\sigma_{сдв}$ клеевого шва для данной композиции составляет 180 кгс/см².

4. В 95 г мономерного этил-α-цианакрилата растворяют при перемешивании при комнатной температуре в полиэтиленовых флаконах 5 г сополимера этил-α-цианакрилата и α-цианэтилового эфира ДМВЭК, состоящего из 15% мол. цианэтилового эфира ДМВЭК и 85% мол. этил-α-цианакрилата. Молекулярный вес сополимера — 100 000. $\sigma_{сдв}$ на образцах Д-16 составляет при 20° С в среднем 140 кгс/см².

5. Получение сополимера этил-α-цианакрилата и цианэтилового эфира ДМВЭК.

В трехгорлую колбу, предварительно обработанную 10%-ной серной кислотой, загружают 35 г (0,280 моль) этил-α-цианакрилата, стабилизированного двуокисью серы, и 8 г (0,049 моль) свежеперегнанного α-цианэтилового эфира ДМВЭК. Добавляют 0,1% вес. дициклогексилпероксидикарбоната, используемого в качестве инициатора полимеризации. Затем при перемешивании в токе инертного газа (азота, аргона, гелия) реакционную смесь нагревают до 40° С и выдерживают при этой температуре и непрерывном перемешивании до завершения реакции. Сополимер очищают переосаждением из нитрометана в спирт.

Аналогично получают и другие сополимеры цианакрилатов, с ДМВЭК и его производными.

2.5. СОСТАВЫ И СПОСОБЫ СКЛЕИВАНИЯ ПЛАСТМАСС

1. Склеивание покрытия фторопласта с другими материалами. На поверхность фторопластового изделия наносят смесь из керамического или металлического порошкообразного наполнителя (медь, латунь, карбид бора и др.) и термореактивной смолы, опрессовывают при 200—300 кгс/см² в присутствии ультразвуковых колебаний амплитудой 10—20 мкм в течение 50 с. Отвердевшее покрытие можно склеивать различными клеями (эпоксидным, фенольным, полиуретановым).

2. Фторорганический клей для повышения адгезии фторкаучуков к металлу. Фторкаучук СКФ-32 — 100; гидрат окиси кальция — 10; салькомин — 5; пирогаллолальдегиданилин — 10.

3. Покрытие для повышения адгезии при наклейке фторкаучуков на металлы. Для повышения прочности сцепления при клеевом креплении фторкаучуков (СКФ-26, СКФ-32) к металлам поверхность металла предварительно смачивают водным раствором аминоалкоксилана (например, 5%-ным раствором аминопропилтриэтоксисилана) и высушивают на воздухе в течение 8—10 ч или при 90° С — 30 мин. На созданный таким путем адгезионный подслой укладывают сырую резиновую смесь и вулканизируют в прессе по обычным режимам (150° С для СКФ-26 и 200° С для СКФ-32 в течение 30 мин). После вулканизации $\sigma_в$=40—50 кгс/см².

4. Покрытие для повышения адгезии полиэтилена к металлу. На поверхность стали (обезжиренную, травленую и высушенную) наносят равномерный слой (0,005—0,3 г/м²) раствора гипериза в органических растворителях или чистой гидроперекиси. После сушки 1—10 мин при 30—80° С для удаления растворителя предназначенную для приклеивания поверхность полиэтилена приводят в контакт с подготовленной металлической поверхностью и выдерживают под давлением 3—30 кгс/см² в течение 3—10 мин при 160—190° С. Процесс может быть непрерывным. При толщине пленки 0,6—0,8 мм σ=5—10 кгс/см².

5. Приклеивание ПММА (органического стекла) к поливинилбутиралю. На склеиваемые поверхности наносят слой 5%-ного раствора поливинилэтилаля в смеси бутилового и этилового спиртов, взятых в соотношении 1 : 2 соответственно, и высушивают при 20° С. Затем производится укладка слоев пленки и органических стекол и сухая склейка в автоклаве при температуре 100° С и давлении 7—18 атм; выдержка по этому режиму в течение 2—3 ч. $\sigma_{сдв}$ не ниже 100 кгс/см² при 20° С. Разрыв происходит часто по органическому стеклу. Склеенные стекла допускают их формование при температуре выше температуры размягчения органического стекла.

Поливинилэтилаль может быть применен с различной степенью замещения гидроксильных групп, в зависимости от требований к прочности склейки. Наибольшую прочность склейки (198 кгс/см) дает поливинилэтилаль с содержанием этилальных групп 44%.

6. Склеивание металла и стеклопластика. Для улучшения адгезии склеиваемые поверхности обрабатываются растворами поливинилбутиральфурфураля, ПВС или алкидной смолы, полученной путем конденсации фталевого ангидрида, глицерина и хлопкового масла. Аппретирующий материал может быть модифицирован аминоарокси(алкокси)силанами, например аминопропилтриэтоксисиланом. После такой обработки с последующей сушкой при температуре 20—90° С в течение 20 мин на склеиваемых поверхностях образуется тонкий слой (менее 1—2 мкм) полимерной пленки. Подготовленные таким образом поверхности склеивают фенольно-каучуковым, фенольно-поливинилацетальным или эпоксидным клеями.

7. Склеивание полимерных материалов между собой и с металлами. На предварительно обезжиренную поверхность склеиваемого материала наносят 3—15%-ный раствор или суспензию азотсодержащих галогенорганических соединений (АГС), затем поверхность облучают светом ртутной лампы в течение 10—120 с, в зависимости от природы обрабатываемого материала. Скорость процесса модификации резко увеличивается при введении добавок различных окислителей из расчета 0,5—15% на АГС. В качестве АГС применяют галогензамещенные амиды и амиды насыщенных карбоновых кислот. Например, при склеивании резин на основе НК сопротивление отслаиванию без обработки составляло 1,2 кгс/см², а после обработки 10%-ным раствором хлорацетамида и облучения 60 с — 6,3 кгс/см². При склеивании резины и полистирола без обработки прочность составляла 0,18 кгс/см, а после обработки 5%-ным раствором хлорацетамида и гидроперекиси кумола с облучением 10 с — 5,8 кгс/см.

8. Смесь для обработки полиэтилена и полипропилена перед склеиванием (г). H_2SO_4 (1,84) — 1000—1500; $K_2Cr_2O_7$ — 40—75; H_2O — 100—120. Длительность обработки — 2—3 ч при 20° С или 2—5 мин при 60° С. Перед обработкой — обезжиривание поверхности бензином, ацетоном, уайт-спиритом. После обработки — тщательная промывка (10 мин стационарно, 20 мин — проточно). Сушка при 15—30° С — 10—12 ч; при 50—60° С — 2 ч.

9. Клей для литьевой ПВХ-композиции ЛКФ-2 (вес. ч.). Смола ПСХ-С — 12—15; метиленхлорид — 85—88. Выдержка под давлением (в зажимах) 1—4 ч, затем 24 ч — без давления.

10. Клей для капрона (Б) (вес. ч.). Капрон — 35; кислота муравьиная («А» или «чистая») — 100. Растворение — 24 ч без перемешивания или 4—5 ч при непрерывном перемешивании. При склеивании слой не толще 0,5 мм сушат 1—2 мин, затем сжимают и выдерживают при 0,4—0,5 кгс/см² 25—30 мин, давление снимают и сушат 24 ч при 24±2° С или 4—5 ч при 80—90° С.

11. Подготовка к склеиванию деталей из фторопласта. Химическая обработка склеиваемых поверхностей кремнийорганическими жидкостями, способными к гидролизу, с последующей промывкой водой и термообработкой при 390° С.

Составы для склеивания ПВХ-пластиката с резиной, металлом и пенопластом (% вес.):

	12	13
ДБФ или ДИОФ	—	3
Метиленхлорид	65—72	—
Нитрильный каучук	2—5	2—5
Перхлорвиниловая смола	16—20	—
Смола ПХВ	—	8—10
ПЭПА	7,5—15	10—15
Толуол	—	32—34
Циклогексанон	10	50—55
Эпоксидная смола	50—100	100

Клей (12) — стойкий к воде; (13) — стойкий к воде и маслам. Для изготовления клея все составляющие, кроме эпоксидной смолы и ПЭПА, перемешивают в смесителе, затем добавляют эпоксидную смолу, а непосредственно перед употреблением вводят ПЭПА. Склеиваемые поверхности зачищают абразивной шкуркой, обезжиривают ацетоном или метиленхлоридом, покрывают слоем клея и высушивают на воздухе. Затем операцию повторяют и в заключение сжимают склеиваемые поверхности при давлении 3—5 кгс/см².

Для склеивания деталей из полимермономерных пластмасс — смесей полимерного

порошка с мономерной связкой — применяют специальные клеи-пасты, составы которых следуют ниже (вес. ч.).

14. ДМА или диметилпаратолуилен — 1—2; дихлорэтан — 20; ПБНЗ — 1—2; пигменты — 4—7; смола ПХВ — 7; форполимер метилметакрилата — 70. $t_{отв}$ = 20° С.

15. ДМА или диметилпаратолуилен — 3; ПБНЗ — 2; пигменты — 4—7; форполимер метилметакрилата — 95. $t_{отв}$ = 20° С.

16. ДМА или диметилпаратолуилен — 1,5; метилметакрилат — 45; ПБНЗ — 1; пигменты — 4—7; ПММА — 30; полихлорвиниловая смола — 8—10; ПХВА — 8—10. $t_{отв}$ = = 40° С.

17. Метилметакрилат — 40; ПБНЗ — 2; пигменты — 4—7; ПММА — 50; ПХВА—2—10. $t_{отв}$ = 60° С.

18. Бронзовая пудра — 5—6; метилметакрилат — 22; муравьиная кислота — 0,5—1,0; ПБНЗ — 2; пигменты — 4—7; ПММА — 50; ПХВА — 8. $t_{отв}$ = 20° С.

2.6. КЛЕИ ДЛЯ РЕЗИНЫ

Соответственно назначению эти клеи могут быть сведены к трем основным группам: 1 — клеи для склеивания различных резин и резинотканевых материалов между собой; 2 — клеи для приклеивания резин к металлам; 3 — клеи для покрытия резиновых изделий с целью защиты их от старения. Однако строгого разделения между этими группами нет, и многие клеи взаимозаменяемы.

Условные обозначения некоторых веществ, входящих в составы клеев:

АЦ — ацетон (ГОСТ 2768-69)
БНЗ — бензин (ГОСТ 443-56)
БЗЛ — бензол (ГОСТ 8448-61, 9572-68)
БУТ — бутанол (ГОСТ 5208-50)
ДХЭ — дихлорэтан (ГОСТ 1942-63)
КС — ксилол (ГОСТ 9410-71; 9949-62)
МЭК — метилэтилкетон
СП — спирт этиловый (ГОСТ 17299-71)
СТ — стирол (ГОСТ 10003-67)
ТОЛ — толуол (ГОСТ 9880-61; 14710-69)
ЭА — этилацетат (ГОСТ 8981-71)
$\tau_{хрн}$ — срок хранения готового клея при температуре $t_{хрн}$
$K_{с.в}$ — концентрация (в %) сухого вещества в клее (остаток после высыхания)

Некоторые выпускаемые промышленностью клеи (в скобках [ ]—растворители). 1. Клей ВИ-4-18Б (ТУ 38—00512—70). Смола ВИАМ-Б, бутадиен-нитрильный каучук СКН-40, ДБФ. $K_{с.в}$=17—20. [ЭА]. $\tau_{хрн}$=3 мес. t_{Δ}=(—60)÷÷(+130)° С.

2. Клей ВКР-7 (ТУ 38—00512—70). Нитрильный каучук СКН-40—поставка (А), 30—35%-ная паста клея Кр-6-18 (Б), раствор вулканизаторов (сера, каптакс, ДФГ). $K_{с.в}$ = 14—17. [ЭА]. $\tau_{хрн}$ = (А)—6 мес; (А+Б)—2 сут. $t_{хрн}$=0—25° С.

3. Клей ВКР-8 (ТУ 38—5—452—69). Фторкаучук СКФ-32, вулканизатор—ПЭПА. [ЭА]. t_{Δ}=(—50)÷(+250)° С.

4. Клей ВКР-10. Фторкаучук, нитрильный каучук—ПЭПА. [ЭА]. t_{Δ} = (—50)÷÷(+175)° С.

5. Клей 3-100 (ТУ 38—5—372—68). Бутадиен-нитрильный каучук, хлорированный найрит. $K_{с.в}$ = 18 ± 2. [ЭА : БНЗ — 2,5 : 1], $\tau_{хрн}$=3 мес.; $t_{хрн}$=0—20° С.

6. Клей 3-300 (ТУ 38—5—372—68). Бутадиен-нитрильный каучук, смола бутилфенолформальдегидная—101, хлорнайрит. $K_{с.в}$=29,5±2,5. [ЭА: БНЗ=2,5:1]. $\tau_{хрн}$=3 мес; $t_{хрн}$=0—20° С.

7. Клей ИКФ-130 (ТУ 38—5—375—68). Найрит А/13. $K_{с.в}$ = 25±3. [ЭП : БНЗ=1 : 1], $\tau_{хрн}$=3 мес.

8. Клеи ИКФ-141, ИКФ-147 (ТУ 38—5—375—68). Найрит А/14. $K_{с.в}$ = 25 ± 3. [ЭА : БНЗ = 1 : 1]. $\tau_{хрн}$=3 мес.

9. Клей ИП-9. Полисилоксановая смола, модифицированная эпоксидной. [ТОЛ или АЦ].

10. Клей КТ (ТУ 38—9—531—69). Смесь НК, экстрагированного ланолина и эфира гарпиуса. $K_{с.в}$=22±2. [БНЗ (БР.1)]. $\tau_{хрн}$ = =9 мес.

11. Клей КТ-9. СКТ и кремнийорганическая смола, себациновая кислота [КС].

12. Клей КТ-15 (МРТУ 6—07—6036—64), А — кремнийорганическая смола (лак К-47)—100; Б—отвердитель (лак К0816)—15. $K_{с.в}$ = 68—80. (КС или ТОЛ]. t_{Δ} = (—60) ÷÷ (+200)° С; $\tau_{хрн}$ (А)=6 мес.

13. Клей КТ-25. Кремнийорганическая смола Т-10 в этилацетате + раствор полиамида Л-20 в этилацетате + титановые белила. t_{Δ}=(—30) ÷ (+250)° С.

14. Клей Кр-5-18Р (ТУ 38—00512—70). А—резиновая смесь на бутадиен-акрилнитрильном каучуке КР (ТУ 603—1). $K_{с.в}$= =8,5—11,5. Б—смола ФР-12 (ТУ М—758—57). $K_{с.в}$=65—70. [ЭА или МЭК]. $\tau_{хрн}$ (А)=6 мес. (А—Б)=8 ч. t_{Δ}=(—60) ÷ (+ 80)° С.

15. Клей Кр-6-18 (ТУ 38—00512—70). Бутадиен-нитрильный каучук СКН-40Т. $K_{с.в}$=12—17. [ЭА]. $\tau_{хрн}$=3 мес.

16. Клей К-4508 (ТУ 38—105480—72). [Смесь на НК. БНЗ (БР. 1)]. t_{Δ}(—50) ÷÷ (+50)° С.

17. Клей лейкоиат (МРТУ 6—14—235—69). n, n', n''-триизоцианат трифенилметана. $K_{с.в}$ = 20 ± 1. [ДХЭ]. $\tau_{хрн}$ = 18 мес; $t_{хрн}$=5—20° С; t_{Δ}=(—60)÷(+130)° С.

18. Клей ЛН. А—найрит (20%-ный раствор в дихлорэтане)—3 ч; Б—клей лейконат — 1 ч. [ДХЭ]. (А) $\tau_{хрн}$ = 12 мес; (Б) $\tau_{хрн}$=18 мес; (А+Б)—2—5 ч.

19. Клей Л-200 (ТУ МХП 4336—54). Резиновая смесь 200. [БНЗ (БР. 1)]. $t_{хрн}$—до 35° С.

20. Клей МАС-1 (ТУ 14П 730—68). А—кремнийорганическая смола; Б—перекись бензоила-50. [ТОЛ : БУТ = 1 : 1]. (А): $\tau_{хрн}$= = 6 мес; (А + Б) = 1 мес. t_{Δ} = (—60) ÷÷ (+ 350)° С.

21. Клей НК (клей резиновый) (ГОСТ 2199—66). Натуральный каучук (А)—$K_{с.в}$= = 8—11; (Б)—$K_{с.в}$ = 6—8. [БНЗ]. $\tau_{хрн}$ = =6 мес; $t_{хрн}$=0—20° С.

22. Клей НС-30 (ВТУ МХП 1986—51). Смесь Н (бутадиен-нитрильный каучук и смола ФКФ). $K_{с.в}$= 7,5—14. [ДХЭ или ДХЭ+ +АЦ]. $t_{хрн}$=5—18° С.

23. Клей П9 (ТУ 38—5—406—69). Смесь № 8705 на СКН-18. $K_{с.в}$=16±2. [ЭП : БНЗ = =1 : 1]. $\tau_{хрн}$=6 мес.

24. Клей СВ1 (МРТУ 38—5—6064—65).

25. Клей СВ5 (ТУ 38—5—182—68). А—найрит [ЭА : БНЗ = 2 : 1]—100; Б—клей лейконат—10. [ЭА : БНЗ = 2 : 1]. $\tau_{хрн}$ (А+Б)=5 ч. Готовят (А+Б) на месте применения.

26. Клей СН-57 (МРТУ 6—07—6032—64). Растворы марок М и Р 1 : 3 (найрит А, хлорнайрит, окись цинка, дибутилфосфат); $K_{с.в}$=28±2. [ЭА+БНЗ]. $\tau_{хрн}$ (М) = 12 мес; $\tau_{хрн}$ (Р)=6 мес.

27. Клей СН-58 (МРТУ 6—07—6032—64). Растворы марок М и Р-1 1 : 3; $K_{с.в}$=28±2. [ЭА+БНЗ].$\tau_{хрн}$(М)=12 мес; $\tau_{хрн}$ (Р-1)=6 мес.

28. Клей С-425 (ТУ 38—10517—70). Резиновая смесь № С-425; $K_{с.в}$ = 16,5 ±0,9. [БНЗ (БР.1) : ЭА=1 : 1]. $\tau_{хрн}$=3 мес; $t_{хрн}$ = =0—20° С.

29. Клей термопрен (ТУ 38—6—78—70). Термопрен. [БНЗ (БР.1 или Б78)]. $K_{с.в}$ = =50. Сухой: термопрен 100—фенолсульфокислота 7,5. t = ± 60° С.

30. Клей 4АН (ТУ 38—5Г—346—68). Найритовая смесь. $K_{с.в}$=33±2. [ЭА : БНЗ= =1 : 1]. $\tau_{хрн}$ = 5 мес.

31. Клей 4НБ (ТУ 38—105236—71). Найритовая смесь 4НБ. $K_{с.в}$=31—36. [ЭА:БНЗ= = 1 : 1]. $\tau_{хрн}$ = 3 мес. t_{Δ}=(—50)÷(120° С).

32. Клей № 8. Термопрен, гидрохинон, перекись бензоила. $K_{с.в}$=25 [ОПТ].

33. Клей 9М-35ф (ТУ 38—5—216—67). Смесь СКФ-26, СКН-40, термореактивная смола. $K_{с.в}$ = 20 ± 2. [ЭА]. $\tau_{хрн}$ = 6 мес; $t_{хрн}$=0—20° С; $t_{раб}$=(—40)÷(200°) С.

34. Клей 23СА (ТУ МХП 1682—52р). Резиновая смесь № 23-СА на найрите, тальк. [БНЗ : ЭА = 1 : 4,5]. $\tau_{хрн}$ = 3 мес; $t_{хрн}$=5—20° С.

35. Клей 27 (ТУ МХП 1693—51р). Смесь № 27. [Бензол или бензин БНЗ(БР.1) = 1:5]. $K_{с.в}$=17—20. $\tau_{хрн}$=3 мес.

36. Клей 61 (ВТУ МХП 1524—51). Смесь № 61. [БНЗ]. $t_{хрн}$=10—20° С.

37. Клей 88Н (МРТУ 38—5—880—66). Смесь 31-Н (найрит Н+смола 101 или типа 101). $K_{с.в}$=30±2. [ЭА:БНЗ=2:1]. $\tau_{хрн}$ = =3 мес.

38. Клей 88НП (ТУ 38—105540—73). Смесь 31-НП (найрит НП и смола 101). $K_{с.в}$ = 28 ± 3. [ЭА : БНЗ = 1:2]. $\tau_{хрн}$= 6 мес; $t_{хрн}$=15—30° С; t_{Δ} = (— 50) ÷ (70°) С.

39. Клей 109 (ТУ МХП 4027—53). Смесь № 109 (з-д „Каучук"). $K_{с.в}$=20—30. [БЗЛ].

40. Клей 117 (ТУ УТ—978—57). Смесь № 117. $K_{с.в}$ = 15—20. [БНЗ (БР.1)]. $\tau_{хрн}$ = =0,5 мес; $t_{хрн}$=0—20° С.

41. Клей 210 (ТУ 38 УССР 5—7—68). Смесь № 210 (Черновицкий завод). $K_{с.в}$ = = 11—20. [БНЗ (БР.1)]. $\tau_{хрн}$=5 сут.

42. Клей 230 (ТУ 38-УССР-5—8—68). НК. $K_{с.в}$ = 8 ± 1. [БНЗ]. Клей 230 Б8 (1% СП); 230 В8 (0,5% СП). $\tau_{хрн}$=10 сут.

43. Клей 3051 (ТУ МХП 274—54). Резиновая смесь № 3051—1. [БНЗ (БР.1)]. $t_{хрн}$— до 35° С.

44. Клей 3125 (ТУ МХП 1157). Резиновая смесь № 3125. [БНЗ (БР.1)].

45. Клей 4508 (ТУ МХП 1105—50). Резиновая смесь № 4508 (з-д «Каучук») на НК (ГОСТ 443-56). $K_{с.в}$=7—14. [БНЗ (БР.1) от 1 : 2 до 1 : 20]. $\tau_{хрн}$=24 мес. $t_{хрн}$=5—20° С.

Основное назначение клеев № 1—45 приведено в табл. 10.4.

Таблица 10.4

ОСНОВНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ КЛЕЕВ

Условные обозначения: склеивание невулканизированных резин без последующей вулканизации (НВ); то же с последующей вулканизацией (НВВ); склеивание вулканизированных резин (ВР).

Склеиваемые материалы	№ клея
Губчатая резииа к металлу, стеклу, резинам	27, 38
Картон к картону	19
Кожа к картону, к металлу	19, 43
Кожа к резине	41, 42
Прорезиненные ткани на нитрильном каучуке к металлам	1, 2, 14, 15, 31
Прорезинеиные ткани между собой:	
на натуральном каучуке	16, 31
найрите	31
иатрийбутадиеновом каучуке	16, 31
фторорганическом каучуке	1, 2, 15
Резина к стеклу	37, 38
Резина к металлу (стали, алюмиинию, легким сплавам):	
Резина иа основе каучука:	
бутадиен-иитрильного	5(НВ), 6(НВ) 37(НВ), 38(НВ, ВР)
кремнийорганического	12(ВР), 20(НВВ), 38(НВ)
натрийбутадиеиового	17(НВ), 29(НВВ, ВР), 36(НВ), 36(НВ)
иайритового	17(НВ), 38(НВ, ВР)
натурального	17(НВ), 2а(НВВ, ВР), 29(НВВ, ВР), 31(НВ), 36(НВ), 38(НВ)
натурального	14(НВ, НВВ, ВР)
стирольного	17(НВ), 38(НВ, ВР)
фторорганического	13(ВР), 33(НВВ)
Резины между собой и резинотканевые материалы на основе каучуков:	
бутадиен-нитрильного	5(НВ), 6(НВ), 15(НВВ), 22(НВВ), 31(НВ, ВР), 35(НВ), 37(НВ), 38(НВ)
бутилового	14(НВВ)
натрийбутадиенового	16(НВ, НВВ, ВР), 30(НВ), 31(НВ, ВР), 37(НВ), 38(НВ)
иайритового	31(НВ, НВВ, ВР), 38(НВ)
натурального	16(НВ, НВВ, ВР), 21(НВ), 30(НВ), 31(НВ, НВВ, ВР), 35(НВ), 38(НВ)
нитрильного	1(НВВ), 2(ВР), 4(НВ), 14(НВВ, ВР), 15(НВВ), 31(НВ, НВВ, ВР)
стирольного	38(НВ)
фторорганического	1(НВВ), 2(ВР), 4(НВ), 13(ВР), 15(НВВ)
Ткани:	
с картоном	19, 43
с металлом	19, 43
с тканями	21, 25, 39

Хлорнайритовые клеи холодного отверждения для соединения резин с металлами (вес. ч.):

	1	2
Бутадиен-нитрильный каучук СКН-26	50	—
Дибутилфталат	5	—
Кумароновая смола	15	15
Лейкопарафуксин	20	20
Сополимер (Б:Н:ВП=70:20:10)	50	100
Хлорнайрит	200	200
Хлорпарафин ХП-70	—	20
Цинковые белила	7	7
Эпоксидная смола	30	30

Сополимер (Б : Н : ВП)—сополимер (бутадиен : нитрил : 2-метил-5-винилпиридин).

	3	4
Кумароновая смола	15	15
Лейкопарафуксин	20	—
Сополимер (Б:Н:ВП=70:20:10)	—	100
„ (Б:Н:ВП=75:20:5)	100	—
Хлорнайрит	200	200
Хлорпарафин ХП-70	—	60
Цинковые белила	7	7
Эпоксидная смола	50	30

Клеи (1) — (4) — теплостойки. Сопротивление отслаиванию для различных сочетаний резин на основе СКН, СКИ, СКС — в пределах 1,5—4 кгс/см².

Хлоркаучуковые клеи для соединения резин с металлами, отверждаемые вулканизацией (вес. ч.). 1. Тетрахлорпентан — 1—2; хлорнайрит (63% Cl) — 10; этилацетат + бензин (2 : 1) — 40. По ГОСТ 209—62 прочность на отрыв $\sigma_в$ (найритовая резина/металл) = 80 кгс/см²; $\sigma_в$ (резина СКН-26/металл) = 72 кгс/см². После 50 000 циклов по 5 Гц и деформации 50% $\sigma_в$ (найрит/металл) = 62 кгс/см²; $\sigma_в$ (резина СКН-26/металл) = 60 кгс/см².

2. Тетрахлорпентан — 1—2; хлорированный политетрахлоргексатриен (74% Cl) — 10; этилацетат + бензин + толуол (1 : 1 : 0,6) — 40. $\sigma_в$ (резина из НК) = 86 кгс/см²; $\sigma_в$ (резина из СКИ-3) = 92 кгс/см². После 50 000 циклов по 5 Гц и деформации 50% $\sigma_в$ (резина из НК) = 80 кгс/см²; $\sigma_в$ (резина из СКИ-3) = 84 кгс/см².

3. Клей состава (1) без тетрахлорпентана. $\sigma_в$ (найритовая резина/металл) = = 40 кгс/см²; $\sigma_в$ (резина СКН-26/металл) = = 32 кгс/см². То же после 50 000 циклов по 5 Гц и деформации 50% — 26 и 12 кгс/см².

4. Клей состава (2) без тетрахлорпентана. $\sigma_в$ (резина из НК/металл) = 72 кгс/см²; $\sigma_в$ (резина из СКИ-3/металл) = 85 кгс/см². То же после 50 000 циклов по 5 Гц и деформации 50% — 50 и 58 кгс/см².

5. Хлорнайрит (63% Cl) — 10; хлорпарафин — 1; этилацетат + бензин (2 : 1)—40. $\sigma_в$ (найритовая резина/металл) = 36 кгс/см²; $\sigma_в$ (резина СКН-26) = 24 кгс/см². То же после 50 000 циклов по 5 Гц и деформации 50% — 30 и 18 кгс/см².

Клеи повышенной прочности для крепления резин к меди и нержавеющей стали (% вес.). 1. Хинондихлордиимид — 20; ксилол — 80. 2. 1,4-нафтохинондихлордиимид — 20; ксилол — 80.

Поверхность металла зачищают шлифовальной шкуркой, обезжиривают бензином, наносят один или несколько слоев клеев (1) или (2) с промежуточной сушкой при 18—22° С по 30 мин, накладывают резиновую смесь и вулканизируют в прессе при 20 кгс/см². Прочность связи (по ГОСТ 209-62) для клея (1) и смеси (А) с медью $\sigma_в$ = 60 кгс/см², для смеси (Б) — 40 кгс/см². То же с нержавеющей сталью $\sigma_в$ = = 63 кгс/см² и 39 кгс/см². Для клея (2) и смеси (А) с медью $\sigma_в$ = 65 кгс/см², для смеси (Б) — 39 кгс/см². То же с нержавеющей сталью $\sigma_в$ = 61 кгс/см² и 42 кгс/см².

Все разрушения проходят по резине. При тех же сочетаниях крепление клеем лейкоиатом непрочно.

Составы резиновых смесей. А: найрит Н — 50; каолин — 50; окись магния — 10; окись цинка — 5; петролатум — 10. Б: белая сажа — 60; бутилкаучук — 100; неозон Д — 1; α-хинондиоксим — 4; окись цинка — 10; парафин — 5; перекись марганца — 0,75; стеарин — 3; тальк — 50.

Термостойкие и термостабильные при температурах до 300° С клеи для крепления металлов с металлами и с резинами (вес. ч.):

	1	2	3
Смола ФНФ	50—66	—	50—66
Каучук СКН-40	50—34	—	—
Фенольная смола ПФ	—	50	—
Отвердитель ФКУ-ВДУ	—	2	—
Бутилакрилатный каучук	—	50	50—34

Клей наносят на предварительно подготовленную поверхность, сушат на воздухе до отлипа и склеивают при повышении температуры от 60 до 200°С в течение 6 ч под давлением 3 кгс/см².

Получение составов (1) — (3). Непредельный каучук, например нитрильный, бутилакрилатный или их смесь, развальцовывают на холоде в течение 10—15 мин и постепенно в течение 10—15 мин на вальцы подается фенольная смола до образования однородного вальцованного листа толщиной 2—4 мм. Полученную пленку режут на гильотинных ножницах на куски, которые затем загружают в вертикальную емкость с вращающейся мешалкой, куда предварительно заливают растворитель. В качестве растворителя применяют этилацетат, бутилацетат, ацетон или их смеси.

Концентрация растворов — 20%. Полученный раствор представляет собой жидкость темно-коричневого цвета.

Способ повышения адгезии при наклейке фторкаучуков на металлы. Для повышения прочности сцепления при клеевом креплении резин из фторкаучуков (СКФ-26, СКФ-32) к металлам поверхность металла предварительно покрывают тонким адгезионным подслоем,

для чего смачивают ее водным раствором аминоалкоксилана (например, 5%-ным раствором аминопропилтриэтоксисилана) и высушивают на воздухе в течение 8—10 ч или при 90° С — 30 мин. На подготовленную поверхность укладывают сырую резиновую смесь и вулканизируют в прессе по обычным режимам (150° С для СКФ-26 и 200° С — для СКФ-32, в течение 30 мин). Сопротивление отрыву после вулканизации $\sigma_{отр}$ = 40—50 кгс/см².

Таблица 10.5

СОСТАВЫ НИЗКОТОКСИЧНЫХ ЭЛАСТИЧНЫХ КЛЕЕВ (вес. ч.)

Компоненты	№ состава					
	1	2	3	4	5	6
СКН29МВП10	10	—	100	—	—	100
СКН20ВП5	—	100	—	100	100	—
Окись магния	7	7	7	7	7	7
Смола гексарезорциновая ГР-112	700	300	500	300	300	200
Йодфурфурол	—	25	—	—	—	—
Бромфурфурол	45	—	40	—	—	—
Трихлорбутанал	—	—	—	35	35	—
Триаминотрифенилметан	—	—	25	10	—	—

Сопротивление отслаиванию резин на основе СКН, СКС, СКИ от стали через 7 сут при 20° С находится в пределах 8—9 кгс/см, снижаясь до 1,5—3,5 кгс/см при 100° С.

Клей для резины и текстиля получают на основе сополимера бутадиена, стирола и амида метакриловой кислоты (70 : 15 : 15), растворяя 1 кг сополимера в 10 кг бензина. После набухания в течение 4 ч смесь перемешивают 30 мин. Нанесение клея на ткань производят последовательно в 4 слоя из расчета 90—100 г сухого вещества на 1 м² ткани, высушивая каждый слой при комнатной температуре в течение 15 мин. Прочность на отслаивание ($\sigma_{отс}$) составляет 4—5 кгс/см².

2.7. КЛЕИ ДЛЯ БУМАГИ И ТКАНЕЙ

Склеивание бумаги и тканей между собой и приклеивание к различным материалам может производиться с помощью широкого ассортимента различных клеев, составы которых были приведены выше (стр. 127—129: № 30, 46, 48, 49, 50, 55, 56, 61, 62 и стр. 138—139: № 19, 21, 25, 39, 43 настоящей главы). В качестве наиболее дешевых клеев массового применения до сего времени используют крахмальные клеи.

Крахмальные клеи (% вес.). Во всех составах вода — до 100%.

1. Крахмал — 25; смола МФ — 3,6; Na_3PO_4—0,4.

2. Крахмал—34; NaOH—16.

3. Крахмал—12; $CaCl_2$ (безводный)—14; $Na_2B_4O_7$—0,12; формалин 37—40%-ный—0,18.

4. Крахмал—8; NaOH—0,4; NaF—0,1; формалин 37—40%-ный—0,3; $ZnCl_2$—2.

5. Аммония рицинолеат—0,2; диастаз — 0,02; крахмал—37; NaOH—0,2; $NaHSO_3$—0,2; $Na_2B_4O_7$—4,6; HF—0,005.

6. Бензойная или салициловая кислота — 0,15; глицерин — 32; глюкоза —21; крахмал — 15.

7. Крахмал — 37; $ZnCl_2$ (насыщенный раствор) — 63; крахмал — 9; фенол кристаллический — 0,4.

2.8. ТОКОПРОВОДЯЩИЕ КЛЕИ

Токопроводящие клеи—обладающие малым электрическим сопротивлением — находят широкое и разнообразное применение в производственной практике в тех случаях, когда от клеевого соединения требуется достаточная прочность без нарушения электропроводности соединения. Основной путь создания таких клеев — это введение электропроводного наполнителя (металлического порошка или пудры, сажи и т. п.) в клеевую основу (систему с полимерной смолой или другие связующие).

1. (% вес.). Полимерное связующее — 7—13; порошок серебра, модифицированный олеиновой кислотой, — 87—93. (Повышенная электропроводность).

(вес. ч.).

2. Серебро (порошок) — 600; графит — 60; нитроцеллюлоза — 40; ацетон или этилацетат — 300; олифа натуральная — 26.

3. То же, что № 2, но вместо нитроцеллюлозы и ацетона 30 г шеллака натурального в 310 г спирта этилового.

4. Закись-окись свинца — 700; графит (порошок) — 150; жидкое стекло калиевое — 150.

5. Каолин измельченный — 110; жидкое стекло — 480; графит (порошок) — 410.

6. Серебро (порошок) — 65—70; эпоксидная смола — 25—30; бутилглицидиловый эфир — 2,5—3,5; ПЭПА — 1,3—1,7.

Алкил-α-цианакрилат — 100; мелкодисперсное серебро—300—360; фреон—170—220. (Сниженная длительность отверждения).

2.9. КЛЕИ ДЛЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Клеи этой группы, хотя особо и не отличаются от большинства клеев общего применения, все же имеют определенную специфику. Учитывая особенности и масштабы их использования, они должны быть несложными по составу, относительно дешевыми, технологичными, применимыми к различным сочетаниям склеиваемых материалов.

Клеи для крепления теплоизоляционных материалов к металлу (вес. ч.). 1. Асбест распушенный марки М 6-40 или М 6-30 — 7; ЖАФ — 35; идитол — 57,6; канифоль — 9,4; спирт гидролизный — 33.

2. ЖАФ — 35; идитол — 57,6; канифоль— 9,4; спирт гидролизный — 33.

3. Асбест распушенный марки М 6-40 или М 6-30 — 6,5; ЖАФ — 25; нитроглифталевый клей № 1 — 100.

4. ЖАФ — 35; нитроглифталевый клей № I — 100.

5. Гипс медицинский (I или II сорта) — 55; ЖАФ — 35; смола ДФК-4 — 100; формалин технический марки ФМ (37%-ный раствор) — 14,5.

6. Латекс ДВХБ-70 марки А — 100; портландцемент марки 400 и выше — 140; стабилизатор К — 30.

7. Асбест распушенный марки М 6-40 или М 6-30 — 7; латекс ДВХБ-70 марки А — 100; портландцемент марки 400 и выше — 221; стабилизатор К — 29.

8. Вода — 75; портландцемент марки 400 и выше — 250; ПВАЭ — 100.

9. Асбест распушенный марки М 6-40 или М 6-30 — 10; вода—75; портландцемент марки 400 и выше — 200; ПВАЭ — 100.

10. Вода — 4; найрит Л-8П — 100; натрий кремнекислый — 3; ОП-7 или ОП-10 — 5; портландцемент марки 400 и выше — 110.

11. Асбест распушенный марки М 6-30 или М 6-40 — 10; вода — 4; найрит Л-8П — 100; натрий кремнекислый — 3; ОП-7 или ОП-10 — 5; портландцемент марки 400 и выше — 100.

3. КЛЕЕВЫЕ МАСТИКИ

Клеевые мастики—составы, обладающие способностью склеивать соединяемые материалы, но отличающиеся от клеев тем, что наряду с чисто адгезионными функциями выполняют в некоторой степени функции заполнителя и выравнивающей прослойки между соединяемыми поверхностями, имеющими грубую текстуру (например, бетон, керамические плитки, отделочные плиты и т. п.).

Кроме того, большие масштабы потребления клеевых мастик и характер их применения выдвигают на первый план требования дешевизны, доступности исходных компонентов, несложности приготовления на месте использования, технологичности, достаточной жизнеспособности и др. Одной из особенностей большинства составов мастик является повышенное содержание наполнителей и сравнительно невысокая прочность отвердевшего слоя.

Клеевые мастики для листовых и плиточных материалов (% вес.). 1. Казеино-эмульсионная. Казеиновый клей ОБ — 18; олифа натуральная или «оксоль» — 10; известняковая мука — 36; вода — 36. Q=1,5—2 кг/м^2. Клей замачивают в воде (t=35°С), перемешивают, выдерживают 30 мин, затем добавляют олифу тонкой струей и, перемешивая, небольшими порциями вводят известняковую муку.

2. Казеино-известняковая. Казеиновый клей ОБ—16; известь-пушонка — 4; известняковая мука — 40; вода — 40. Q=1,5—2 кг/м^2. В приготовленный клей высыпают известь-пушонку, предварительно смешанную с известняковой мукой.

3. Казеино-цементная. Казеиновый клей ОБ—14; портландцемент марки 400 — 43; вода — 43. Q=1,5—2 кг/м^2. Клей замачивают в воде (t = 35° С), перемешивают и выдерживают 30 мин, затем добавляют портландцемент и перемешивают до образования пасты рабочей консистенции. Срок хранения — 4 ч.

4. Битумная горячая. А: битум IV — 80; асбест VII сорта — 20. Б: битум IV — 70; асбест VII сорта — 10; трепел — 20. В: битум БН IV — 60; бензин Б70 — 25; портландцемент — 12; резиновый клей — 2—3. Q (А) = 1,8—2 кг/м^2; Q (Б) =0,7—0,8 кг/м^2. Битум закладывают в котел на $^2/_3$ емкости, нагревают до t=180°С и, перемешивая, вводят наполнитель (асбест чистый, смешанный с трепелом). После остывания смеси до 100°С добавляют бензин с растворенным в нем резиновым клеем. Перед употреблением подогревают до 60°С.

5. Битумная холодная. А: битум IV — 60—65; кубовые остатки СЖК — 5; асбест VII сорта — 15—17,5; каолин — 15—17; вода — 5—6 л на 100 кг сырья. Б: битум IV или V — 55; сольвентнафт — 20; мел — 25. Q (А) = 0,8—1 кг/м^2; Q (Б) =0,8—1 кг/м^2.

Битумные и кубовые остатки СЖК загружают в смеситель и плавят 40—50 мин при t=120—130°С, затем вводят замоченные в воде наполнители и варят в течение 40—50 мин при t=90—100°С. Остывшую твердую массу перед употреблением разжижают бензином, скипидаром или уайт-спиритом до рабочей консистенции. (Состав огнеопасен.)

6. Битумная холодная типа «Субит». А: битум III — 79; толуол технический — 15; канифоль — 3; смола сосновая — 3. Б: битум III — 75,5; канифоль — 3; бензин автомобильный — 21,5. Q=1—1,5 кг/м^2.

Битум закладывают в котел и нагревают до t=140°С, затем загружают в лопастную мешалку. При непрерывном перемешивании добавляют канифоль и сосновую смолу. Перемешивание продолжают и после добавления канифоли в течение 10—15 мин. Когда смесь остынет до t = 100°С, в нее вливают растворители, добавляют толуол, при t = 80°С — бензин. Готовую мастику с t=55°С сливают в тару (состав огнеопасен).

7. Битумно-резиновая холодная типа «Изол». Битум III — 46; резина — 7; бензин — 30; кумароновая смола — 3; канифоль — 3; рубракс — 3; антисептик (креозотовое масло) — 1; асбест VII сорта — 7. Q=1,5—2 кг/м^2.

Молотую резину девулканизируют в битуме или смоле в течение 40—60 мин при t = 180°С. Полученную массу пропускают через вальцы с асбестом, растворяют в бензине и перемешивают до рабочей консистенции. Состав огнеопасен.

8. Битумно-резиновая типа РБ. Битум IV — 61; бензин Б70 — 25—26; резиновый клей № 4508—12—15; наполнитель (цемент, каолин, мел) — 12. Q=1,5—2 кг/м^2.

Клей растворяют в бензине (1 : 10). Битум плавят при t=150—170°С до полного разжижения, затем при перемешивании вводят наполнитель. Когда битумная масса остынет до t = 90° С, ее выливают в оставшийся бензин, добавляют клей и перемеши-

вают 30 мин. Загустевшую массу разбавляют в бензине. Состав огнеопасен.

9. Канифольная. Канифоль — 17; спирт-денатурат — 11; олифа «оксоль»—7; известняковая мука — 65. Q=1—1,5 кг/м².

Измельченную канифоль заливают спиртом и, перемешивая, подогревают в водяной бане. После полного растворения канифоли постепенно добавляют олифу, а затем известняковую муку. $\tau_{хрн}$ = 2 мес; загустевшую мастику растворяют денатуратом.

10. Кумароно-каучуковая. Кумароновая смола — 19; хлоропреновый каучук (наирит) — 5; этилацетат — 25; бензин БР.1 — 10; дибутилфталат — 4; каолин — 37. Q = =0,4—0,5 кг/м².

Смолу, каучук и каолин смешивают, пропускают через горячие вальцы при t=120—130° С. Полученную массу загружают вместе с растворителями и пластификатором (этилацетат, бензин и дибутилфталат) в шаровую мельницу и перемалывают в течение 1—2 ч. $\tau_{хрн}$=2 мес. Состав огнеопасен.

11. Лако-меловая. Масляный лак (№ 74, 75, 408) — 30—35; охра сухая — 3—5; сурик железный — 2—5; тонкосеяный мел — 60. Q = 1—1,2 кг/м².

В тщательно смешанные мел, охру и сурик вливают лак и растирают до однородной смеси. $\tau_{хрн}$=2—3 сут. Загустевшую массу разводят лаком.

12. Масляно-меловая на олифе «оксоль» Олифа «оксоль» — 36, мел молотый — 47; портландцемент марок 300—400 — 17. Q = 1—1,2 кг/м².

В тщательно смешанные мел и цемент вливают олифу, перемешивают, а затем перетирают на краскотерке.

13. Дифенольная ДФК-7П. Смола ДФК-7П — 50—61; каолин — 24; литопон — 14; формалин — 1—2. Q = 1,5—2 кг/м².

Все материалы загружают в смеситель и тщательно перемешивают в течение 1,5—2 ч. Мастику разравнивают шпателем до получения слоя толщиной 0,8—1 мм. Через 2—3 мин после нанесения мастики на нее настилают плитки или линолеум, приглаживают стыки и края, выдерживают 6—8 ч. Во время работы мастика должна иметь t=10—20° С.

14. Битумно-силикатная. Глино-битумная паста — 1; растворимое стекло с М не менее 2,8 и ρ=1,36 г/см³ — 0,75; мел — 2. Q=1—1,2 кг/м².

В глино-битумную пасту добавляют растворимое стекло, затем при непрерывном перемешивании смеси постепенно вводят мел.

15. Казеинатная. Казеин кислотный — 1; нашатырный спирт — 0,15; вода — 4; антисептик (NaF) — 0,15. Q=1—1,5 кг/м².

Казеин замачивают в 2 вес. ч. воды и выдерживают 4 ч до набухания при периодическом перемешивании, затем добавляют остальную воду с разведенным в ней антисептиком и нашатырным спиртом. Состав перемешивают 1,5 ч, добавляют мел с известью-пушонкой, предварительно тщательно смешанные и просеянные.

16. Известково-битумная холодная. Битум III или IV — 1; известковое тесто влажностью 50% — 0,8; вода — 0,5—0,6. Q=1—1,5 кг/м².

Битум разогревают до t=130° С и обезвоживают, затем доводят температуру до 180° С. Известковое тесто помещают в мешалку-эмульгатор, заливают горячей водой и перемешивают. Температура суспензии должна быть 50—60° С.

17. Полугорячая битумная. Битум IV — 80; асбест VII сорта — 5—10; соляровое масло или уайт-спирит, скипидар, керосин— 10—15. Q=1—1,5 кг/м².

В эмульгатор при перемешивании тонкой струей заливают расплавленный битум, затем при t=160—180° С вводят асбест и перемешивают с битумом. Смеси дают остыть до t=70—80° и при тщательном перемешивании вводят растворитель. Состав огнеопасен.

18. Глино-битумная. Битум БН-IV — 1; глина жирная—1; вода—1. Q=1—1,5 кг/м².

Размельченную глину замачивают в воде, затем подогревают до t=90° С и добавляют доведенный до t=100° С битум и воду. $\tau_{хрн}$ — 3 мес.

19. Карбинольная. Карбинольный сироп — 1; перекись бензоила — 0,02; цемент М 300, 400 — 10. Q=1—1,2 кг/м².

Перекись бензоила высушивают, растирают в ступе (осторожно!!!) до пылевидного состояния и перемешивают с карбинольным сиропом 20—25 мин. Смесь отстаивается 1—2 ч, затем в нее добавляют цемент. Q=6—8 ч.

20. Битумная кислотостойкая. Битум БН-IV — 1; наполнитель (молотые кислотостойкие горные породы или кислотоупорный цемент) — 1; асбест VI или VII сорта — 0,1. Q=1—1,5 кг/м².

Расплавляют битум (t=180—200° С), затем добавляют тщательно перемешанные пылевидный и волокнистый наполнители в течение 4—5 ч.

21. Дегтевая кислотостойкая. Пек каменноугольный тугоплавкий — 1; кислотостойкий наполнитель — 1,3; асбест VI или VII сорта — 0,2; антраценовое масло — 1—0,2. Q=1—1,5 кг/м².

Расплавляют пек (t=140° С), добавляют антраценовое масло и перемешивают, затем добавляют тщательно перемешанные пылевидный и волокнистый наполнители.

22. Фенолформальдегидная. Смола фенолформальдегидная — 25; контакт керосиновый КП — 10; мел — 65. Q=0,8—1 кг/м².

Смолу смешивают с керосиновым контактом, после 10—15 мин отстаивания добавляют мел. После перемешивания дают отстояться 10—15 мин. Q=2,5—4 ч.

23. Гипсоклеевая. Гипс строительный — 1; известковый раствор — до рабочей густоты. Q=0,8—1,2 кг/м².

В гипс вливают известково-клеевой раствор до получения необходимой густоты.

24. Гипсоопилочная. Гипс строительный— 3; опилки древесные — 1; известково-клеевой раствор — до рабочей густоты. Q= =0,8—1,2 кг/м².

Перемешивают гипс с опилками, а затем в смесь вводят известково-клеевой раствор.

25. Сульфитно-гипсовая. Гипс строительный — до рабочей густоты; раствор

сульфитно-спиртовой барды — 1; вода — 2. Q=0,7—0,8 кг/м².

Сульфитно-спиртовую барду разводят в горячей воде, затем добавляют гипс до консистенции, соответствующей погружению стандартного конуса на 12—13 см.

26. Казеино-цементно-песчаная. Клей казеиновый сухой — 1; портландцемент 400 — 3; песок речной мелкозернистый — 1; вода — 2,5. Q=0,7—0,9 кг/м².

В лопастную мешалку наливают воду (t=15—20° С), затем казеиновый клей, продолжая перемешивать до 30 мин. В полученный состав добавляют смесь цемента с песком и перемешивают 40 мин. $\tau_ж$=2 ч.

27. Кумароновая. Инден-кумароновая смола — 14,3; сольвент — 8,6; дибутилфталат — 5,6; мука известняковая — 71,5. Q= =0,8—1 кг/м².

В смеситель заливают сольвент и кладут мелкие куски инден-кумароновой смолы. Когда смола растворится, добавляют дибутилфталат. Полученную массу смешивают с известняковой мукой и загружают в шаровую мельницу для окончательного перемола.

28. Кумароно-кукерсольная. Кумароновая смола — 20; лак кукерсоль — 35; канифоль — 5; портландцемент 400 — 40. Q= =0,8—1 кг/м².

Кумароновую смолу и кукерсоль расплавляют, добавляют лак «кукерсоль». После охлаждения массу смешивают с наполнителем.

29. Канифольно-бензино-фурфурольная (КБФ). Канифоль — 17; уайт-спирит или бензин — 9,8; фурфурол — 2; ацетон — 0,9; олифа-оксоль — 6,8; доломитовая мука — 63—70. Q=0,8—1 кг/м².

В смеситель с якорной мешалкой и водяной рубашкой для подогрева компонентов в процессе их перемешивания загружают уайт-спирит, фурфурол и ацетон. В процессе перемешивания добавляют канифоль (температура в смесителе 50° С). Когда канифоль растворится, добавляют олифу, а затем доломитовую муку. $\tau_{хрн}$= =3—4 мес.

30. Серноцементная. Сера — 4; портландцемент — 1; каменная мука — до рабочей густоты. Q = 0,6—0,8 кг/м².

В расплавленную серу добавляют цемент, каменную муку и пигмент и все перемешивают, нагревая на медленном огне.

31. Битумоглиноасбестовая. Битум БН-IV — 1; водная глиноасбестовая смесь— 4; формалин — 2% веса битума. Q = 0,6— 0,9 кг/м².

Готовят водную глиноасбестовую смесь (1 вес. ч. бентонитовой глины; 1,5 вес. ч. асбеста VII сорта от веса глины и асбеста, 150—200% воды и 5% казеината натрия). Асбест и глину смешивают с водой при t=80—90° С, затем добавляют раствор казеината натрия. В водную смесь вводят подогретый до t = 150° С битум, а затем формалин.

32. Битумокаолиноасбестовая. Битум БН-IV — 60—65; кубовые остатки СЖК кислот — 5; асбест VII сорта — 15—17,5; каолин — 15—17,5; вода — 5—6. Q=1— 1,2 кг/м².

Расплавленный битум и кубовые остатки загружают в обогреваемый смеситель при t=120—140° С. Затем добавляют предварительно замоченные в воде асбест и каолин при t=90—100° С. Перемешивая, варят 40—50 мин.

33. Битумолатексно-кукерсольная БЛК. Битум БН-IV — 25; лак кукерсоль — 62; портландцемент — 4; асбест VI—VII сортов — 6; латекс — 3. Q = 0,6—0,7 кг/м².

Битум расплавляют в котле при t= = 160—180° С. Одновременно в смесителе приготовляют смесь лака кукерсоль и наполнителя (асбест и цемент), затем добавляют разогретый битум. Полученной массе дают остыть до t=25—30° С и вводят латекс.

34. Для фенолитовых плиток. Битум БН-IV — 10; наполнитель пылевидный (каолин, диабазовая или андезитовая мука) — 2—3; наполнитель волокнистый (асбест VI—VII сортов) — 1,5. Q = 0,6—0,8 кг/м².

Битум расплавляют при t=160—180° С, обезвоживают, а затем в него добавляют предварительно перемешанные между собой пылевидный и волокнистый наполнители.

35. Поливинилацетатная. Поливинилацетатная пластифицированная эмульсия — 1; пуццолановый или портландцемент М300—500 — 1—1,5; вода — 0,2—0,4. Q = 0,6— 0,7 кг/м².

В растворомешалку вливают поливинилацетатную эмульсию и воду и перемешивают 2 мин. Затем добавляют цемент и перемешивают 3 мин. $\tau_ж$ = 3—5 ч.

36. Битумокукерсольная. Битум БН-IV — 65; лак кукерсоль (нормальный) — 25; портландцемент — 10; резиновый клей или латекс СКС-30ШР — 2—3. Q = 0,6—1 кг/м².

Расплавляют битум до t=180—190° С. После остывания до 140° С добавляют лак «кукерсоль». В охлажденный до 50° С раствор вводят резиновый клей или латекс, а также портландцемент. Применяется в подогретом состоянии до 60° С. $\tau_{хрн}$ — до 6 мес.

37. Полимерцементная. Поливинилацетатная эмульсия — 54; цемент — 90; песок кварцевый — 225; хлористый кальций — 0,162; вода — 25. Q = 0,7—0,9 кг/м².

В поливинилацетатную эмульсию вводят хлористый кальций и воду, перемешивают и добавляют цемент и кварцевый песок.

38. Кумароно-найритовая КН-2. Кумароновая смола — 19; хлоропреновый каучук (найрит) — 5; каолин — 37. Q = 0,6— 0,7 кг/м².

39. Модифицированная инден-кумароновая. Инден-кумароновая смола — 15—17; полистирол — 3—4; сольвент каменноугольный технический или толуол—12—14; этилацетат — 6,7; пластификатор (дибутилфталат) — 3—4; наполнитель (известняковая мука) — 54—61. Q=0,7—1 кг/м².

40. Лаковая шпаклевочная ЛШ-1. Алкидный лак, пигменты и мел. ρ=1— 1,2 кг/м². Заводского изготовления, разбавляется в уайт-спирите.

41. Холодная БНХ-4. Битум БН — 2—8; зеленое масло — 2. ρ=1—1,2 кг/м². В зеле-

ное масло вливают небольшой струей нейтебитум, предварительно разогретый до легкоподвижного состояния.

42. Холодная БНХ-5. Битум БН-V—6; зеленое масло — 2; наполнитель (каменная мука, асбест) — 2. Q = 1—1,2 кг/м².

То же, что № 41, но после растворения битума вводят при непрерывном перемешивании просеянный наполнитель.

43. Казеино-силикатная. Казеин I сорта — 10; известь-пушонка — 2—3; жидкое стекло (ρ=1,35—1,38) — 7; вода — 30—35. Q = 0,8—1,2 кг/м².

Казеин замачивают в двойном (по весу) количестве воды и выдерживают в течение суток. После этого к набухшему казеину прибавляют известковое молоко, приготовленное из 1 ч. пушонки и 3 ч. воды. Смесь перемешивают до 5 мин. Затем добавляют жидкое стекло и перемешивают.

44. Колоксилиновая. Колоксилиновая масса или отходы колоксилинового линолеума — 40; ацетон — 60. Q = 0,6—0,8 кг/м². Приготовляют в герметически закрытой посуде, растворяя обрезки линолеума или колоксилиновую массу в ацетоне до получения однородного состава.

45. Масляно-меловая. Мел плавленый сухой — 10; лак масляный — 4—4,5; умбра сухая—1,2—1,5; керосин—0,5. Q=1—1,2 кг/м.

Мел и умбру тщательно перемешивают, добавляют масляный лак и в смесь добавляют керосин.

46. Масляная. Краска густотертая — 4,5—5; мел молотый сухой — 2,5—3; олифа натуральная или оксоль — 2,5. Q = 1—1,2 кг/м². Составные части смешивают и перетирают в жерновой краскотерке.

47. Мастики на жидком стекле. А — кварцевая мука — 46 кг; кварцевый песок — 47 кг; кремнефтористый натрий — 7 кг; жидкое стекло (модуль — 2,65; ρ= 1,49) — 37/39 кг. Б—базальт плавленый или кварцевая мука — 100 кг; кремнефтористый натрий — 5 кг; жидкое стекло (M=2,6; ρ=1,45) — 39 кг. Б — базальт плавленый — 80 кг; базальт-сырец — 20 кг; кремнефтористый натрий — 5 кг; жидкое стекло (M = =2,60; ρ=1,25) — 36 кг. Г — КВП—100 кг; кремнефтористый натрий — 6 кг; жидкое стекло (M=2,60; ρ=1,48) — 39 кг. Q= =0,8—1,2 кг/м².

Наполнитель и заполнитель в виде тонкомолотых порошков смешивают с кремнефтористым натрием до получения однородной смеси и затворяют жидким стеклом с температурой не ниже 15° С. Подвижность раствора должна соответствовать 3—3,5 см погружения стандартного конуса. Начало схватывания раствора — через 25—30 мин, поэтому его нужно приготовлять в таком количестве, которое можно израсходовать за этот промежуток времени.

48. Теплостойкая мастика. Бензолсульфокислота — 10—16; растворитель — 18—22; минеральный наполнитель—10—15; битум— до 100.

49. Водостойкая мастика для полов. Мочевиноформальдегидная смола — 46,5—50; фосфогипс (содержащий 0,6—1% фосфорной кислоты) — 50—63,5. (Повышенная прочность и водостойкость.)

Таблица 10.9

НАЗНАЧЕНИЕ КЛЕЕВЫХ МАСТИК ДЛЯ ПРИКЛЕЙКИ К БЕТОНУ

	Наклеиваемые материалы или изделия	№ составов
Линолеумы	Глифталевый	1, 2, 3, 5, 6, 7, 9, 13, 37, 40, 43, 46
	Колоксилиновый	44
	На тканевой основе	11, 37
	Пергаментный	4, 17
	Поливинилхлоридный	1, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 13, 35, 37, 38, 40, 45, 46
	Полиэфирный	6, 7, 40, 43
Плитки	Плиты древесноволокнистые	4, 22, 23, 24, 25
	Асбестосмоляные	5, 6, 7, 8, 10
	Асбестоцементные	26
	Битумные	4, 5, 31, 32, 33
	Древесноволокнистые	5, 6, 7, 8, 9, 15, 17, 27, 39
	Керамические	14, 15, 20, 21, 26, 35, 41, 47
	Кумароновые	5, 10, 13, 31, 32, 33
	Кумароно-поливинилхлоридные	10
	Поливинилхлоридные	6, 7, 8, 10, 13, 33, 36, 38, 39
	Полистирольные	14, 16, 28, 29, 39
	Резиновые	6, 7, 8, 10
	Стеклянные	18, 19
	Фарфоровые	35
	Фенолитовые	5, 13, 34
	Релин	6, 7, 8, 10, 38, 44
	Заделка трещин, пор и мелких раковин в облицовочных плитках	30

50. Мастика для кровельных покрытий. Битум — 65—70; лак «кукерсоль» — 10—12; 25%-ный раствор мастики УМС-50 в бензине — 8—10; асбест — 5—7; андезитовая мука — 2—8. (Повышенная адгезия к основанию.)

51. Клеящая мастика. Дивинил (метилстирольный латекс) — 60—70; загуститель— 5—10; каучук — 0,5—15; органический растворитель — 10—25; наполнитель — до 100. (Повышенные эксплуатационные свойства.)

52. Клеящая мастика для приклеивания стройматериалов. Бутадиен-нитрильный каучук — 2—4; полихлоропреновый каучук — 4—6; инден-кумароновая смола — 10—12; наполнитель — 34—36; растворитель — 42—50. (Повышенная прочность приклеивания.)

4. СОСТАВЫ, НАНОСИМЫЕ НА ЛИПКИЕ ЛЕНТЫ

Липкая лента применяется для склеивания пленок (полиэтилентерефталатной, целлофановой), магнитной ленты, для упаковки и наклеивания этикеток и т. п. Основой ленты служат целлофан, бумага, терилен, полиэтилен и другие материалы, на которые наносится слой липкого состава, обладающий высокой адгезией к основе.

Рецепты липких составов, применяемых для этой цели, весьма разнообразны. Приводим некоторые из них:

1. Для поливинилхлоридных пленок (вес. ч.):

	А	Б
Смола ПСХ-С	100	20
Дибутилфталат (ДБФ)	—	27
Диоктилфталат (ДИОФ)	—	18
Канифоль	—	6
Сополимер стирола и нитрила акриловой кислоты	10—25	3,5
Полиизобутилен низкой Мм	30—50	8
Фенолформальдегидная смола	5—10	1,5
Толуол	—	20

(Основной состав А — без растворителей и пластификаторов, Б — с введением растворителей и пластификаторов).

2. Для лент на различных подложках (% вес.). Поливинил-*н*-бутиловый эфир (Мм 1000—200 000) — 5—50; поливинил-*н*-бутиловый эфир (Мм 200 000—2 000 000) — 25—5; эфир канифоли — 5—10; бензин — 60—25; толуол — 5—10. Состав обладает повышенной адгезией и свободен от хладотекучести.

3. Для лент на целлофановой основе (вес. ч.). Сополимер бутилакрилата с винилацетатом — 40—65; фенолформальдегидная маслорастворимая смола — 20—40; КМС — 10—20; ДБФ — 1—10. (Состав наносится без подслоя и антиадгезионного слоя. Клеевую композицию для нанесения растворяют в этилацетате.)

4. Для лент с высокой липкостью при нормальной и повышенной (100° С) температуре (вес. ч.). Найрит А или Б — 100; альтакс — 2; ДФГУ — 1; окись магния — 12; окись цинка — 5; канифоль — 10; смола № 101 — 100; смола ПСХ-С — 18; двуокись кремния — 10; хлорпарафин — 35; растворитель (смесь этилацетата и бензина 2 : 1) — 348—534.

5. Для этикеток с постоянным липким слоем (вес. ч.):

	А	Б
2,5%-ный раствор полиизобутилена П-200 в бензине „галоша"	80	—
20%-ный раствор полиизобутилена П-20 в бензине „галоша"	500	500
Полиэтиленполиамин ПЭПА	3	—
15%-ный раствор фенил-α-нафтиламина в бензоле	—	10

6. Для рулонных декоративно-отделочных материалов (павинола и т. п.) (вес. ч.). Полиизобутилен П-20 — 100; полиизобутилен П-200 — 10—20; хлоркаучук — 100—250; смола 101 или 101М — 100—250; окись магния — 20—50; растворитель (40—50% этилацетата, 40—50% бензина, 0—10% толуола) — 150—250.

7. Атактический полипропилен — 8,0—17,0; полиизобутилен (Мм 30 000—61 000) — 5,7—24,0; растворитель — до 100%.

8. Клеи, образующие липкую пленку на полимерных рулонных и плиточных материалах:

А — клей СПК-727: 45%-ная водная дисперсия поли-*н*-бутилвинилового эфира — 24; 50%-ная водная дисперсия поли-2-этилгексилакрилата — 76; полиметилсилоксановый олигомер ПМС-200 — 0,02.

Б — клей СПК-728: 55%-ная водная дисперсия полиизобутилвинилового эфира — 20; 50%-ная водная дисперсия поли-2-этилгексилакрилата — 80; полиметилсилоксановый олигомер ПМС-150 — 0,01.

В — клей СПК-729: 55%-ная водная дисперсия полиизобутилвинилового эфира — 18; 45%-ная водная дисперсия полинонилакрилового эфира — 82; полиметилсилоксановый олигомер ПМС-200 — 0,01; трибутилфосфат — 4,5.

Клей готовят в клеемешалке со скоростью вращения лопастного вала не более 50 об/мин. Клей наносят на полимерный строительный материал с помощью валкового распределительного устройства при температуре 30—60° С. Расход клея — 75—25 г/м². Для быстрого формирования слоя «живого» клея производится термообработка соединения горячим воздухом при температуре 100—120° С.

9. Клей высокой липкости для лент на основе полиэтилентерефталата (вес. ч.):

	Оптимальный состав	Пределы варьирования
Найрит А или Б	100	100
Альтакс	2	2
Дифенилгуанидин	1	1
Магнезия жженая	12	10—12
Белила цинковые сухие	5	3—7
Канифоль сосновая	9	8—10
Смола 101к	100	100
Смола ПСХ-С	12	10—15
Дибутилфталат	37	35—40
Белая сажа	10	5—15
Растворитель (смесь этилацетата и бензина 2:1)	420	350—530

Порядок приготовления липкого состава следующий. Белую сажу перемешивают с канифолью и поливинилхлоридной хлорированной смолой (например, в шаровой мельнице в течение 2 ч), в смесь добавляют дибутилфталат и перемешивают, например, в горизонтальной клеемешалке емкостью 600 л до получения однородной массы, что достигается за 2—2,5 ч. В эту гомогенную массу при работающей клеемешалке добавляют клей 88Н в количестве, соответствующем рецептуре. Перемешивание ведут в течение 2 ч. Растворитель добавляют в количестве, необходимом для получения вязкости клея 80—100 с по Вз-4.

Клеевая композиция может приготовляться смешением резиновой смеси на основе найрита и поливинилхлоридной хлорированной смолы с добавкой вспомогательных агентов с растворителем, фенолформальдегидной смолой, пластификатором и канифолью.

10. (вес. ч.). Перхлорвиниловая смола — 100; канифоль — 10—150; пластификатор — 200—300; растворитель — 20—50; эпоксиуретан (продукт реакции форполимера с концевыми изоцианатными группами и глицидного спирта) — 10,9—54,0. (Повышенная адгезия к различным материалам.)

11. (вес. ч.). Бутадиен-акрилонитрильный карбоксилатный каучук — 100; поливинилхлоридная хлорированная смола — 30—80; бутилфенолформальдегидная смола — 5—60; эпоксидированное соевое масло—2—8; политрихлорбутадиен — 4—10; растворитель — 150—300. (Клей обладает повышенными адгезионными свойствами при повышенной температуре; водостоек, маслостоек.)

12. Парафин, церезин или их смесь — 60—70; полиизобутилен — 7,5—10; продукт совместной варки канифоли с белым нефтяным маслом — 15—30. (Повышенная липкость при сниженной вязкости.)

13. (вес. ч.). Полиизобутилен — 100; хлорсульфированный полиэтилен — 0,5—15. (Высокая когезионная прочность.)

14. (вес. ч.). Бутилфенолформальдегидная смола — 40—60; перхлорвиниловая смола — 10—15; политрихлорбутадиен—20—30; растворитель — 150—250; сополимерная эмульсия винилацетата с дибутилмалеатом (65 : 35) — 100; эпоксидированное соевое масло — 20—30. (Повышенная прочность склеивания, масло- и водостойкость.)

Некоторые индексы МКИ, которыми сведения гл. X классифицируются в патентной литературе:

Подкласс С 09 j		Прочие клеящие вещества, кроме клея животного происхождения. Способы склеивания общего применения
Группа	1/00	Клеящие вещества с неорганическими связующими компонентами
	1/02	с водорастворимыми силикатами щелочных металлов
	3/00	Клеящие вещества с органическими связующими, кроме клея животного происхождения
	3/02	с полисахаридами или их производными
	3/12	с латексом, натуральным или синтетическим каучуком
	3/14	с высокомолекулярными продуктами поликонденсации
	3/26	с растительными клеями, воском или природными смолами
	7/00	Клеящие материалы в виде тонкой пленки

Некоторые индексы УДК, которыми сведения гл. X классифицируются в печатных изданиях:

621.792	Методы получения соединений с помощью адгезии. Склеивание
621.792.053	Клеящие вещества (клеи) вид клея ставится через знак, например, 621.792.053 : 678.061 — склеивание резиновым клеем
668.3	Клеящие вещества, желатина, альбумин, протеин
668.39	Прочие клеящие вещества
668.395	Клеящие вещества из синтетических смол или других искусственных материалов
668.395.6	из синтетических поликонденсатов
668.395.7	из синтетических полимеров
668.4	Камеди, смолы, клеи
678	Промышленность высокомолекулярных веществ. Резиновая промышленность. Промышленность пластмасс
678.029.42	склеивание резин и пластмасс
678.4	Натуральный каучук
678.5	Пластмассы на основе целлюлозы
678.6	Синтетические продукты поликонденсации
678.7	Синтетические продукты полимеризации. Полимеризационные смолы. Синтетические каучуки
678.8	Другие высокомолекулярные соединения, кроме перечисленных

ГЛАВА XI

УПЛОТНЯЮЩИЕ И ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИЕ СОСТАВЫ

Уплотнение и герметизация — группа технологических операций и приемов, конечной целью которых является придание непроницаемости разъемным либо неразъемным соединениям различных объектов по отношению к жидкостям и газам.

В широком понимании этих терминов к уплотнению и герметизации относятся также процессы склеивания, сварки, пайки и ряд других, дающих плотные непроницаемые для жидкостей и газов соединения. Однако основным назначением этих процессов является обеспечение требуемой механической прочности, и соответственно они рассматриваются самостоятельно. В данной же главе приводятся сведения об уплотняющих и герметизирующих составах, для которых функции уплотнения являются основными.

К таким составам относятся компаунды, герметики, замазки, шпаклевки, уплотняющие пасты и др.

Различные прокладочные материалы, также относящиеся к уплотнениям, но не обладающие адгезией к уплотняемым поверхностям (резиновые, кожаные, металлические, асбестовые и т. п. прокладки и набивки), получаемые, как правило, в готовом виде, а не изготовляемые в виде композиций, здесь не рассматриваются.

Уплотняющие материалы, обладающие в рабочем состоянии определенной пластичностью и вязкостью, что позволяет заполнять ими зазоры и неплотности, и в последующем отвердевающие в результате высыхания, охлаждения, химических реакций взаимодействия, полимеризации и т. д. и обладающие адгезией к уплотняемым поверхностям, носят различные названия — герметики, компаунды, цементы, шпаклевки, мастики, замазки и т. д. Многие из этих названий синонимичны, но привились в практике для различных групп материалов. Провести четкую границу между этими композициями трудно, так как многие из них одновременно выполняют несколько функций.

В данном тексте мы условно разделяем их на следующие четыре группы:

1. Герметики — композиции различной вязкости — от паст до жидкостей, необратимо твердеющие, но обладающие в отвержденном состоянии заметной эластичностью (резиноподобные) и сохраняющие ее в течение длительного времени. Предназначаются в основном для уплотнений, обеспечивающих непроницаемость при действии переменных нагрузок.

2. Компаунды — композиции различной вязкости, в том числе жидкие, необратимо твердеющие, а после затвердевания обладающие высокой механической прочностью и низкой эластичностью. Предназначаются в основном для герметизации или заполнения пустот и пор в изделиях и деталях путем пропитки, заливки или обволакивания.

3. Замазки (шпаклевки, цементы) — массы высокой вязкости в рабочем состоянии, обратимо либо (чаще) необратимо затвердевающие после нанесения, высокопрочные после отверждения, но практически лишенные эластичности. Предназначаются в основном для заполнения зазоров, пустот, трещин, пор и т. д. с целью придания непроницаемости соединениям и склеивания поверхностей.

4. Мастики — композиции высокой вязкости, обратимо либо (чаще) необратимо затвердевающие, обладающие после отверждения умеренной прочностью и небольшой эластичностью. Предназначаются в основном в качестве клеящих композиций, одновременно выравнивающих грубошероховатые поверхности.

1. ГЕРМЕТИКИ

Составы герметиков в современных условиях — это, как правило, полимерные эластомеры, содержащие различные добавки или без них, отвердевающие обратимо — за счет улетучивания растворителя либо необратимо — за счет процессов вулканизации или полимеризации. В период работы герметики могут находиться в состоянии вязких жидкостей, паст-замазок, пластичных масс.

Ниже приводятся герметики, выбранные из большого числа практически применяемых наиболее распространенных составов, которые выпускаются промышленностью, но могут также приготовляться непосредственно на предприятии-потребителе. Условные обозначения компонентов, входящих в составы, см. гл. X, стр. 126, марки составов — табл. 11.1, основные назначения составов — табл. 11.2.

Таблица 11.1

МАРКИ ГЕРМЕТИКОВ

№ состава	Марка (наименование)	ГОСТ, ТУ
1	У-30м	ГОСТ 13489—68
2	У-30с	ГОСТ 13489—68
3	У-30мэс-5	ТУ 38—105462—72
4	У-30мэс-10	То же
5	УТ-31	ГОСТ 13489—68
6	УТ-32	ТУ 38—105462—72
7	УТ-34	ТУ 38—105576—73
8	УТ-35	МРТУ 6—07—102—62
9	51УТ-37	—
10	Виксинт К-18	ТУ 38—103—59—70
11	Виксинт У-1-18	МРТУ 38—406—69
12	Виксинт У-2-28	МРТУ 38—3—408—69
13	ВЛФ-20	ВТУ В—32—67
14	КЛ	ВТУ В—32—67
15	5Ф-13К	ТУ 38—105289—71
16	14Ф-26	ТУ 38—14—119—65
17	ГЭИ-301	МРТУ 6—05—891—63
18	У-25	ТУ МХП 3336—52

Таблица 11.2

ОСНОВНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ГЕРМЕТИКОВ СОСТАВОВ (1)—(18)

Основное назначение	№ состава
Поверхностная герметизация клепаных конструкций и сварных соединений в интервале температур от —60 до +300° С или внутришовно — от —60 до +250° С	12
То же без доступа воздуха до +250° С	12
Герметизация болтовых, заклепочных и других металлических соединений, эксплуатируемых в среде топлив и на воздухе при температуре:	
(—60) ÷ (+100)° С	5, 12
(—60) ÷ (+130)° С	4, 6
(—40) ÷ (+200)° С	15
(+150) ÷ (+200)° С	16
Герметизация болтовых, заклепочных и других соединений, длительно работающих на воздухе при температуре до 250° С	16
Герметизация неметаллических и металлических (кроме меди, латуни, серебра) болтовых, заклепочных, фланцевых и других соединений, соприкасающихся с воздухом и топливом, а также защита поверхности аппаратов от коррозии в атмосферных условиях, слабых кислотах и щелочах, воде	1
Защита металлических конструкций и изделий от воздействия повышенной влажности и воды (морской и пресной)	9
Герметизация неметаллических и металлических (кроме меди, латуни, серебра) соединений, соприкасающихся с бензином, маслом, топливом	1, 5, 9
Герметизация стальных и алюминиевых соединений, работающих на воздухе и в среде топлива при температуре от —60 до +130° С	4, 7
Герметизация электро- и радиоприборов, эксплуатируемых на воздухе при повышенной влажности и температуре от —60 до +250° С	10, 13, 14
То же от —60 до +300° С при вибрационных и ударных знакопеременных нагрузках	11
Герметизация аппаратуры, работающей на воздухе при температуре от —60 до +300° С при вибрационных и знакопеременных нагрузках	11
Поверхностная герметизация алюминия, нержавеющей стали, титановых сплавов, работающих при температурах от —60 до +300° С	11
Герметизация стыков панелей строительных конструкций	3

Составы некоторых герметиков (вес. ч.):

1. Паста № 9 — 6,5—12; ДФГУ — 0,15—0,8; сажа ПМ-15 — 30; ТИОЖ — 100.

2. Паста № 15 — 6—9; ДФГУ — 0,2—0,5; паста № 9 — 80—100.

	3	4
Паста № 9	7—11	8—15
ДФГУ	0,3—1,0	0,4—1,1
Паста У-30э-5	100	—
Паста У-30э-10	—	100

5. Паста № 9 — 8—10; двуокись титана — 80; ДФГУ — 0,4—0,8; ТИОЖ — 100.

6. Паста № 9 — 9—12; паста УТ-32 — 100; ДФГУ — 0,4—0,8.

7. ДФГУ — 0,4—1,0; перекись марганца — 60; ТИОЖ НВБ-2 (75—100 сП) — 100; смола Э-40 — 40.

8. Паста № 9 — 5—10; паста УТ-35 — 100; ДФГУ — 0,2—0,5.

9. Паста № 17 — 15—16; паста УТ-37 — 100; ДФГУ — 0,1—1,0.

10. Катализатор № 18 — 4; паста К — 100.

11. Катализатор № 18 — 0,25—0,5; паста У-1 — 100. Для нанесения кистью добавляют 25—60 г бензина «галоша» на 100 вес. ч. герметика.

12. Катализатор № 28 — 1,2—2,0; жидкость ГКЖ-94 — 0,7—2,0; паста У-2 — 100.

13. Катализатор К-10 или К-1 — 3,0—5,0; каучук СКТНФ или СКТНВФ — 100.

14. Катализатор К-10 — 3—6 или К-1 — 3—4,6; каучук СКТН-1 — 100.

15. ПЭПА — 0,8; каучук СКФ-32 — 100.

16. Бисфурилиден-гексаметилендиамин — 0,75; паста 14Ф-26 — 100.

17. Каучук СК-26 — 100; смола ФКФ — 60.

18. Липкая герметизирующая паста У-25. Идитоловая смола; каолин; касторовое масло; сажа; спирт этиловый.

С о с т а в ы г е р м е т и к о в с п е ц и а л и з и р о в а н н ы х н а з н а ч е н и й:

1. Герметизирующая мастика повышенной эластичности (% вес.). Бутилкаучук — 1,9—5,0; масло минеральное — 10—25; наполнитель — 56—75; этиленпропиленовый каучук — 10,0—17,1.

2. Паста для покрытия электрических контактов перед герметизацией (% вес.). Аэросил 380 — 19—20,5; канифоль сосновая — 100; 10%-ный раствор бутилкаучука в бензине — 14,5—15,3; спирт этиловый — 100. (Повышение качества герметизации.)

3. Герметизирующий состав для защиты стальных конструкций от агрессивных сред (вес. ч.). Ацетон — 25; дифенил — 0,5; отвердитель № 1 — 10; паста У-30 — 100; паста № 9 — 5—9; смола ЭД-5 или ЭД-6 — 100. Наносится на очищенную поверхность шпателем. Толщина — 3—5 мм. Сушка — 72 ч.

4. Масса для заполнения корпуса пьезопреобразователя, создающая акустический контакт (вес. ч.). Графит коллоидный — 18—20; полисилоксановая жидкость — 83—85; смесь кальциевых мыл стеариновой и уксусной кислот (1 : 3) — 17. (Вязкожидкая масса, работающая в широком температурном диапазоне.)

Клеи-герметики для склеивания и защиты элементов шахтной теплоизоляции (вес. ч.):

	5	6
Борная кислота	0,5—10	20—80
Дибутилфталат	0,5—10	—
Канифоль	0,5—10	—
Кумаронинденовая смола	1—10	10—100
Отвердитель	4—40	7—12
Поливинилхлорид	0,5—10	20—100
Растворитель	—	1—160
Трикрезилфосфат	1—15	1—150
Эпоксидная смола	3—100	50—200

Композиция самозатухающая: $\rho=1,2$ г/см³; $\lambda=0,25—0,26$ ккал/(см°С); $\sigma_{\text{в}}=175$ кгс/см²; $\sigma_{\text{сдв}}=225$ кгс/см²; $\sigma_{\text{изг}}=375$ кгс/см². Адгезия, кгс/см²; с черным металлом — 30, с оцинкованным железом — 18, с брезентом — 28, с деревом — 35.

2. КОМПАУНДЫ

Практически все применяемые в настоящее время компаунды — заливочные, пропиточные, обволакивающие — представляют собой композиции на основе полимерных синтетических смол. Наиболее широко используются эпоксидные смолы, а также различные сочетания этих смол с каучуком, мономерными и полимерными кремнийорганическими, полиэфирными, фенолформальдегидными и другими продуктами и смолами, полисульфидами и т. д.

Составы некоторых практически применяемых компаундов приводятся ниже.

Компаунды на эпоксидных смолах (вес. составы—в вес. ч. на 100 вес. ч. смолы). 1. ДБФ—10—15; ПЭПА—12—15; смола ЭД-5—100. $\tau_{\text{ж}}=1$ ч/20° С.

2. ПЭПА—8; ТИОЖ НВБ-2—200; смола ЭД-6—100. $t_{\Delta}=(-60)\div(+80)$° С; $t_{\text{отв}}=80$° С; $\tau_{\text{отв}}=8—16$ ч; $p=0,2$ кгс/см².

3. ПЭФ МГФ-9—50; ПЭПА—20; ТИОЖ НВБ-2—300; смола ЭД-5—100. $t_{\Delta}=(-70)\div(+80)$° С; $t_{\text{отв}}=80$ С°; $t_{\text{отв}}=8—16$ ч; $p=0,15$ кгс/см².

4. ДМА—0,1; МАН—0,5—1э[1]; ПЭФ МГФ-9—15—20; КВП—1,4—1,8; ФА—2,6—2э; смола ЭДЛ—100. $\tau_{\text{ж}}=1—1,3$ ч/90—80° С; $t_{\text{отв}}=120$° С; $\tau_{\text{отв}}=15$ ч; $\sigma_{\text{сж}}=1000—1450$ кгс/см².

5. КМС—15; МАН—2,28—5; ОЛЕ—30; тунговое масло—15; смола ЭД-6—100. $t_{\Delta}=(-120)\div(+140)$° С; $\tau_{\text{отв}}$ 10+5 ч.

6. БМАК—12; ГМДА—12; КМС—13; КВП—160; смола ЭД-5—100. $t_{\Delta}=(-60)\div(+80)$° С; $\tau_{\text{ж}}=1,3$ ч/20° С; $t_{\text{отв}}=80/135$° С; $\tau_{\text{отв}}=6/2$ ч; $\sigma_{\text{ж}}=780$ кгс/см².

7. МАН—10; КВП—200; ФА—16; смола ЭДЛ—100. $t_{\Delta}=(-60)\div(+120)$° С; $\tau_{\text{ж}}=0,9$ ч/120° С; $t_{\text{отв}}=120+140$° С; $\tau_{\text{отв}}=10+10$ ч; $\sigma_{\text{сж}}=1350$ кгс/см².

8 ГМДА—10; двуокись титана—100; стирол—10; смола ЭД-5—100. $\tau_{\text{ж}}=2/20$° С; $t_{\text{отв}}=20/60—80$° С; $\tau_{\text{отв}}=24/8$ ч; $\sigma_{\text{сж}}=850$ кгс/см².

9. ДМА—0,04—0,1; КВП—1,45—1,8; ФА—3,45э; смола ЭДЛ—100.

10. ДМА—0,04—0,1; ДИОС—20; КВП—1,6д; ФА—3,45э; смола ЭДЛ—100.

11. ХЭА—96; ЭД-5—100. $\tau_{\text{ж}}=0,2$ ч/20° С; $t_{\text{отв}}=160$° С; $\tau_{\text{отв}}=24$ ч; $\sigma_{\text{ж}}=400$ кгс/см².

12. МАН—32; ХЭА—48; смола ЭД-5—100. $\tau_{\text{ж}}=0,2$ ч/20° С; $t_{\text{отв}}=120+140+180$° С[1]. $\tau_{\text{отв}}=2+6+6$ ч; $\sigma_{\text{сж}}=900$ кгс/см².

13. Смола ЭД-5—100; эламин—20—65. $\tau_{\text{ж}}=10$ ч/20° С; $t_{\text{отв}}=80/60$° С; $\tau_{\text{отв}}=6/15$ ч; $\sigma_{\text{сж}}=80—120$ кгс/см²; $\sigma_{\text{и}}=50—60$ кгс/см².

14. МАН—18; ХЭА—72; смола ЭД-5—100. $\tau_{\text{ж}}=0,2$ ч/20° С; $t_{\text{отв}}=120+140+180$° С; $\tau_{\text{отв}}=2+6+6$ ч; $\sigma_{\text{сж}}=540$ кгс/см².

Компаунды на эпоксидной смоле ЭД-6 (все составы—в вес. ч на 100 вес. ч смолы ЭД-6).

1. ГМДА—8—11; ДБФ—10—15. $t_{\Delta}=(-60)\div(+80)$° С; $\tau_{\text{ж}}=1$ ч/20° С; $t_{\text{отв}}=20/80$° С; $\tau_{\text{отв}}=24/3$ ч; $\sigma_{\text{ж}}=890$ кгс/см². (Здесь и в последующих рецептах через косую черту приводятся различные режимы отверждения (например, $t_{\text{отв}}=20/80$° С и $t_{\text{отв}}=24/3$ ч означает отверждение 24 ч при 20° С или 3 ч при 80° С).

2. ДБФ—10—15; ПЭПА—10—15; КВП—0,6—1,8д. $t_{\Delta}=(-60)\div(+80)$° С; $\tau_{\text{ж}}=1$ ч/20°С; $t_{\text{отв}}=20/80$° С; $\tau_{\text{отв}}=24/3$ ч; $\sigma_{\text{сж}}=720$ кгс/см². (Здесь и далее д—вес компаунда без наполнителя).

3. ДБФ—10—15; ПЭПА—8—12. $t_{\Delta}=(-60)\div(+80)$° С; $\tau_{\text{ж}}=1$ ч/20° С; $t_{\text{отв}}=20/80$° С; $\tau_{\text{отв}}=24/3$ ч.

4. Каучук СКД-5—50; полиамид Л-19—60. $t_{\Delta}=(-60)\div(+100)$° С; $t_{\text{отв}}=20+60+100$° С; $\tau_{\text{отв}}=6+2+10$ ч. Компаунд—эластичный.

5. МАН—2,88э; КВП—2,2 д; смола ДЭГ-1—20. $t_{\Delta}=60$° С; $\tau_{\text{ж}}=3$ ч/80° С; $\sigma_{\text{сж}}=1318$ кгс/см².

6. ДМА—2; тунговое масло МАН—9,12э. $t_{\text{отв}}=140$° С; $\tau_{\text{отв}}=15$ ч; $\sigma_{\text{сж}}=610$ кгс/см².

7. ПЭПА—12—14; ПЭФ МГФ-9—20 КВП—до 100. $t_{\Delta}=(-60)\div(+80)$° С; $t_{\text{отв}}=20/70$° С; $\tau_{\text{отв}}=24/3—10$ ч; $\sigma_{\text{сж}}=720$ кгс/см².

8. ДМА—0,1; МТГФА—3,86э; ПЭФ № 220—20; КВП—200—250. $\tau_{\text{ж}}=3$ ч/80° С; $t_{\text{отв}}=80+120$° С; $\tau_{\text{отв}}=10+10$ ч; $\sigma_{\text{сж}}=700—1200$ кгс/см².

9. БМАК—12; ГМДА—12; КМС—18; КВП—150; тальк молотый—150. $\tau_{\text{ж}}=1$ ч/20° С; $t_{\text{отв}}$—80+100+140° С; $\tau_{\text{отв}}=1+2+3$ ч. $\sigma_{\text{сж}}=700—1200$ кгс/см².

10. ДМА—0,04—0,1; МАН—0,5э; ПЭФ № 220—20; КВП—1,5—1,8д; ФА—2,6э.

11. ДМА—0,04—0,1; МАН—2—2,28э ПЭФ № 220—20; КВП—0,7д; тальк молотый—0,7д.

---

[1] э — эпоксидное число смолы по паспорту.

[1] Знак (+) здесь и далее означает последовательное изменение температуры и выдержки в соответствии с показателями: 2 ч при 120° С, затем 6 ч при 140° С и 6 ч при 150° С.

12. ДМА—0,04—0,1; МАН—2—2,28э; ПЭФ № 220—20; слюда молотая 0,3—0,4 д.

13. ДМА—0,1; МАН—2—2,28, ПЭФ № 220—20; КВП—0,7д.

14. ДМА—0,04—0,1; продукт № 254—25; КВП—1,4д.

15. ДМА—0,04—0,1; МАН—2—2,28э; КВП—1,5—1,8д.

16. ГМДА—10; ДБФ—20; ПЭФ МГФ—9—10. $\tau_ж$=0,5 ч/20° С; $\sigma_{сж}$=590 кгс/см².

17. Каучук СКН-10-1А—100; ПЭПА—8—10; фенольная смола МБП—100. t_Δ = (—50)÷(+50)° С; $\sigma_и$=30 кгс/см².

18. ДМА—0,1; МАН—2,28э; КВП—1,5—1,8д. $\tau_ж$=1,5 ч/70° С; $\sigma_{сж}$=1400 кгс/см².

19. ДМА—0,1; МАН—2,28э; ПЭФ № 220—20; КВП—1,5—1,8д. $\tau_ж$ = 1,5 ч/80°С; $t_{отв}$ = =80+120° С; $\tau_{отв}$ = 10+10 ч; $\sigma_{сж}$=700—1200 кгс/см².

Заливочные компаунды на эпоксидной смоле ЭД-6 (все на 100 вес. ч. смолы).

1. ДМА—0,1; МАН—2,28э; КВП—1—1,2д; ТИОЖ (η=620 П)—20. $\sigma_{сж}$=1140 кгс/см².

2. ДМА—0,1; МАН—1,2э; КВП—1—1,2д; ТИОЖ (η=255 П)—30; $\sigma_{сж}$=1000 кгс/см².

3. ДМА—0,1; МАН—2э; КВП—150—200; ТИОЖ (η=255 П)—30; $\sigma_{сж}$=700 кгс/см².

4. ДМА—0,1; МФДА—0,84э; слюдяная мука—75; ТИОЖ (η = 255 П) —50. $t_{отв}$ = 50 + +70° С; $\tau_{отв}$=2+8 ч; $\sigma_{сж}$=650 кгс/см².

5. ДМА—0,1; МАН—2,28э; ТИОЖ (η = =620 П)—20. $\sigma_{сж}$=1050 кгс/см².

6. ДМА—0,1; МАН—1,2э; ТИОЖ (η = =620 П)—30. $\sigma_{сж}$=1100 кгс/см².

7. ДМА—0,1; МАН—2э; ТИОЖ (η = =255 П)—30. $t_{отв}$=50 + 70° С; $\tau_{отв}$=2+8 ч; $\sigma_{сж}$=1220 кгс/см².

8. ДМА—0,1; МАН—1,2э; ТИОЖ (η= =255 П)—30. (Эластичный компаунд).

9. ДМА—0,1; МАН—1,2э; ТИОЖ (η = =255 П)—100. (Эластичный компаунд.)

10. МАН—1,6э; ТИОЖ (η=255 П)—100.

11. МАН—2,28; ТИОЖ (η=255 П)—50. $\sigma_{сж}$=1035 кгс/см².

12. МАН—2,28э; ТИОЖ (η=255 П)—100. (Эластичный компаунд).

13. МАН—1,6э; ТИОЖ (η=255 П)—50. $\sigma_{сж}$=390 кгс/см².

14. МАН—2,28э; ТИОЖ (η=255 П)—50. $\sigma_{сж}$=915 кгс/см².

15. МАН—1,6э; КВП—0,7д; ТИОЖ (η= =255 П)—50. $\sigma_{сж}$=788 кгс/см².

16. МАН—2,28э; КВП—0,7д; ТИОЖ (η= =255 П)—100. $\sigma_{сж}$=505 кгс/см².

17. МАН—1,6э; КВП—0,7д; ТИОЖ (η = = 255 П)—100. (Эластичный компаунд).

18. КВП—100; ПЭПА—14; ТИОЖ (η = = 255 П)—25. Режим отверждения компаундов (11)—(18): $t_{отв}$ = 60/80/80° С + 80°С; $\tau_{отв}$ = 24/10/10 ч + 10 ч при нормальном давлении.

Пропиточные компаунды (вес. ч.). 1. Олигоэфир АГ-2—5э. $t_{отв}$ = =130/170/170+200° С; $\tau_{отв}$ =50/15/2+1—2 ч; $\sigma_{сж}$=200—250 кгс/см²; δ=120—160%.

2. Олигоэфир СГ-2—5э; $t_{отв}$ = =130/170/170+200° С; $\tau_{отв}$=50/15/2+1+2 ч; $\sigma_в$=30—80 кгс/см²; δ=150—190%.

3. МТГФА—3,86э; смола Т-404—100. t_Δ=(—60)÷(+220)° С; $a_н$=10 кгс·см/см².

4. ДМА—0,04—0,1; МТГФА—3,86э; ПЭФ № 1—20; смола ЭД-6—100. $\tau_ж$=3 ч/70° С; $t_{отв}$ = 80—120° С; $\tau_{отв}$ = 10 + 10 ч; $\sigma_{сж}$= =1100 кгс/см².

5. ДМА—0,1; ПЭФ МГФ-9—20; смола ЭД-6—100. $\tau_ж$ = 3 ч/70° С; $t_{отв}$ = 80+120° С; $\tau_{отв}$=10+10 ч; $\sigma_{сж}$=1100 кгс/см².

6. ДМА—0,1; МТГФА—3,86э; смола ЭД-6—100. $t_{отв}$=120° С; $\tau_{отв}$=24 ч; σ = =310 кгс/см².

7. ДМА—0,1; МАН—2,28э; МТГФА—3,86э; смола ЭД-6—100. $\tau_ж$=3 ч/70° С; $t_{отв}$=120 + + 150° С; $\tau_{отв}$ = 10—15 + 15 ч; $\sigma_{сж}$ = 980—1100 кгс/см².

8. МФДА—0,62э; ТИОЖ (η = 225 П)—20—30; смола ЭД-6—100. t=70° С; $t_{отв}$ = =60—70° С; $\sigma_{сж}$=1100 кгс/см².

9 МФДА—0,62э; ТИОЖ (η=255 П)—40; смола ЭД-6—100. t=70° С; $t_{отв}$ = 60—70° С; $\sigma_{сж}$=1035 кгс/см².

10. МФДА—0,62; ТИОЖ (η=255 П)—60; смола ЭД-6—100. t = 70° С; $t_{отв}$ =60—70° С.

11. Ацетон—25—35; ПЭФ МГФ-9—15—20; ТЭА—10; смола ЭД-6—100. $t_{отв}$ = =120° С; $\tau_{отв}$=10 ч.

12. ПБНЗ (или паста ПБНЗ) — 1—1,5 (2—3,0); ПЭФ № 1 — 30; ПЭФ ТГМ-3 — 70; сиккатив 7640 — 3; хингидрон — 0,1. t_Δ= = (—60)÷(+130)° С; $\tau_ж$=2 мес/20° С. Смешать ТГМ-3, ПБ и хингидрон. Влить полиэфир № 1, нагретый до 50—60° С. Перемешивать 15 мин. Охладить до 18—22° С, ввести сиккатив 7640, перемешивать 15—20 мин. Отфильтровать через 2 слоя марли.

ПБНЗ, входящая в ряд составов компаундов, — взрывоопасна. Хранить в герметичной стеклянной таре, наполненной водой.

Для введения в составы ПБНЗ употреблять в форме пасты: ДБФ—50; ПБНЗ—50.

Влажную ПБНЗ растереть в фарфоровой ступке, перенести на воронку с фильтром, промыть спиртом три раза. Распределить тонким слоем на фильтровальной бумаге и сушить 10—12 ч при комнатной температуре. В сухую ПБНЗ ввести ДБФ и хорошо перемешать до однородной массы. Выдержать пасту 24 ч.

13. ПБНЗ (или паста ПБНЗ) — 1—1,5 (3,0); ПЭФ № 1 — 10; ПЭФ МГФ-9 — 90; сиккатив 64Б — 3; хингидрон — 0,1. t_Δ= = (—60) — (+130)° С; $\tau_ж$=2 мес/20° С.

Тщательно смешать МГФ-9, ПБНЗ и хингидрон. Ввести ПЭФ, нагретый до 50—60° С. Перемешивать 15 мин. Охладить до 18—22° С. Ввести 64Б, перемешивать 10—20 мин, отфильтровать через 2 слоя марли.

14. ПБНЗ (или паста ПБНЗ) — 2 (4); ПЭФ ТГМ-3 — 90; сиккатив 7640 — 3; тунговое масло — 10. t_Δ = (—60)÷(+130)° С.

15. Глифталевая смола —30; ПБНЗ (или паста ПБНЗ)—1—1,5 (2—3); ПЭФ ТГМ-3—70; сиккатив 7640 — 3; хингидрон — 0,1. t_Δ = (—60)÷(+130)° С.

16. ДМА — 0,1; МАН — 2,28э; смола ЭД-6—100. $\tau_ж$=5 ч/70° С; $t_{отв}$=80+120° С; $\tau_{отв}$=10 + 10 ч; $\sigma_{сж}$=1100—1430 кгс/см².

17. ДМА — 0,1; МАН — 2,28э; ПЭФ № 1 — 20; смола ЭД-6 — 100.

18. Кремнийорганическая смола К-47 — 20; ПЭФ МГФ-1 — 80; паста ПБНЗ — 0,4;

свинцово-марганцевый сиккатив — 3. $\tau_ж$ = 20 сут/25° С; $t_{отв}$ = 125° С; $\tau_{отв}$ = 0,25 ч.

Растворить ПВ в 1/2 ч. МГФ-1, перемешивать 25—30 мин. Другую половину МГФ-1 смешать с К-47, нагретой до 60—70° С. Перемешивать 1 ч. Охладить до 18—22° С. Смешивать обе половины 20—30 мин, ввести сиккатив, мешать 5—10 мин, отфильтровать.

19. ПБНЗ — 2; ПЭФ № 1—50; стирол — 50.

Готовить не раньше чем за 10 сут до применения. В десятой части стирола растворить ПБНЗ, в оставшихся 9/10 ч. стирола растворить полиэфир, слить, перемешать, отфильтровать через 2 слоя марли.

20. КМС — 100; продукт 102Т или Т-65 — 28.

Применять сухие вакуумированные компоненты. Смешивать при 18—20° С (охлаждение). Вакуумировать при 18—22° С и давления не более 10 мм рт. ст. до прекращения выделения пузырей (20—25 мин). Допускается введение 0,05—0,2 вес. ч. ПБНЗ на 100 вес. ч. касторового масла. $\tau_ж$ = 2 ч/20° С — с продуктом 102Т и 3—3,5 ч/20° С — с продуктом Т-65.

Разделительные и защитные составы при работе с заливочными и пропиточными компаундами (вес. ч.). **1.** Каучуковая смазка. ПБНЗ — 1,0—1,5; каучук СКТ — 5—10; толуол — 95—90.

Каучук и высушенную ПБНЗ ввести в толуол. Встряхивать до растворения. Отфильтровать через 2 слоя марли. $\tau_ж$ = 3 мес/20° С.

2. Поливиниловая смазка. Вода дистиллированная — 150; глицерин — 15; ПВС — 30; спирт гидролизный — 25.

Смешать ПВС, глицерин и 2/3 от всего объема воды. Оставить до набухания. ПВС нагреть на водяной бане 80—90° С до однородной массы. Охладить до 20—25° С. Ввести спирт с водой (1 : 2). Размешать, отфильтровать через 2 слоя марли.

3. Полиизобутиленовая смазка. Бензин Б70 — 98—93; полиизобутилен — 2—7. Встряхивать до полного растворения.

4. Кремнийорганическая смазка. Бензин Б70 — 95—90; жидкость КПМС-31 (К-21) — 5—10. Влить бензин в жидкость. Перемешать.

5. Состав для защиты выводов электрорадиодеталей от попадания влаги. Двуокись титана — 300—320; жидкость ГКЖ-94 — 100; катализатор № 18 — 5.

Прокалить двуокись при 850—900° С 2—3 ч и охладить. Смешать ее с ГКЖ-94. Ввести катализатор, перемешать. Готовить непосредственно перед употреблением небольшие порции. $\tau_ж$ = 3 ч/20° С.

3. ЗАМАЗКИ (И ШПАКЛЕВКИ)

Составы замазок и близких к ним шпаклевок, применяемых в промышленности, равно как и их назначение, чрезвычайно разнообразны.

С целью некоторой их систематизации мы разделяем их на группы по характеру основного связующего и называем все составы замазками (не используя термина «шпаклевка»):

1. Смоляные, термопластичные замазки, размягчающиеся при нагревании.

2. Полимерные замазки на термореактивных смолах, необратимо твердеющие при нагревании или введении отверждающих добавок.

3. Замазки на неорганических связующих, необратимо твердеющие за счет химических реакций.

4. Замазки на прочих связующих.

Следует заметить, что в определенных условиях функции замазок могут выполнять многие компаунды, а также некоторые герметики.

Замазки на термопластичных или обратимо растворимых смолах (вес. ч.). 1. Замазка для соединения металла со стеклом и фарфором. Шеллак чешуйчатый — 600; смола сосновая — 340. Смешать при расплавлении на водяной бане, наносить горячей.

2. Водостойкая замазка. Сера измельченная — 500; трепел — 500. Смешать при расплавлении, наносить горячей.

Замазка для стекла и металла (Менделеевская замазка):

	3	4
Канифоль	100	100
Воск пчелиный	25	26,4
Мумия	40	33
Льняная олифа	0,1—1	—
Льняное масло	—	3,3

5. Сургучная замазка. Канифоль — 20; сосновая смола — 10; жидкий терпентин — 5; мел — 8; сернокислый барий — 12; мумия — 8—10.

6. Замазка для стекла и керамики. Шеллак натуральный — 660; канифоль — 340.

7. Замазка для соединения металлов с деревом. Канифоль — 600; сера (порошок) — 150; мелкие стальные опилки — 250. Для крепления ручек на инструментах употреблять горячей.

8. Маслостойкая замазка. Канифоль — 500; асбест тонкоизмельченный — 500. Применять горячей.

9. Замазка для фарфора. Шеллак чешуйчатый светлый — 700; мастика натуральная — 200; канифоль—80. После охлаждения расплава до 45° С добавить 100—200 мл спирта до нужной вязкости.

10. Замазка для стекла, керамики, фарфора, минералов. Шеллак чешуйчатый — 450; канифоль — 250; мастика — 40; мел отмученный или каолин — 260.

11. Спиртостойкая замазка. Каучук сырой — 660; смола кумароновая — 340. Смешивать и наносить горячей.

12. Водостойкая замазка для стекла, фарфора, керамики. Канифоль — 250; воск пчелиный — 250; гипс — 500. Используется горячей.

13. Замазка для стекла: шеллак чешуйчатый — 600; скипидар — 600; окись цинка — 300. Применять нагретой.

14. Водостойкая замазка. Канифоль — 600; мраморный порошок — 300—600. Применять горячей.

15. Кислотоупорная замазка. Сера (порошок) — 100; стекло (порошок) — 200. Смешивают и сплавляют. Применяют горячей.

16. Замазка для заделки трещин в изделиях из древесины. Смола сосновая — 200; воск — 200; опилки мелкие — 500—800. Смесь сплавляют. Применяют горячей.

17. Замазка вакуумная (ГОСТ 9646—61). Вакуумная смазка (ГОСТ 9645-61) — 11±1; церезин (всех марок, кроме 57) — 9±1; остаток разгонки вазелинового масла (65—120 сСт) — до 100%.

18. Замазка для соединения металла со стеклом. Смола сосновая — 350; канифоль — 70; скипидар — 40; гипс прокаленный — 50. После расплавления смол вводят скипидар, затем гипс. Применять горячей.

19. Замазка для соединения металлов с неметаллами (дерево, кость, пластмасса). Канифоль — 200; сера — 50; стальные опилки — 80. Смесь сплавляют. Употребляют горячей.

20. Водостойкая замазка для крепления стекла к металлу. Канифоль — 400; мумия — 200; воск пчелиный — 100; живичная смола — 100. Применять горячей.

21. Замазка для соединения изделий из камня. Сосновая смола — 700; воск пчелиный — 700; мумия — 80; песок — 80; сера (порошок) — 16. После сплавления смолы, воска и серы вводят наполнители. Соединяемую поверхность смачивают скипидаром. Состав наносят в горячем виде.

22. Электропроводящая быстросохнущая замазка. Графит дисперсный — 150; серебро (порошок) — 300; сополимер винилхлорид-винилацетат — 300. Ацетон — до необходимой густоты и вязкости. (Перед употреблением перемешивать. Сохнет за 10—15 мин.)

23. Уплотняющая газоплотная замазка для низких температур. Канифоль — 88—92; церезин — 12—8. Расплавляется при +100° С и наносится горячей. Газоплотна при температуре —195° С и +25° С при давлении 5 ати.

24. Герметизирующая пластичная замазка. Канифоль — 10—55; парафин — 1—28; минеральное масло—1—10; полевой шпат—20—80; асбест — 1—16; графит — 1—12. Компоненты загружают в емкость, нагревают до расплавления и перемешивают до получения однородной массы.

Пример конкретного состава: канифоль сосновая — 26; парафин — 19; асбест (крошка) — 3,5; масло трансформаторное — 8,5; графит — 3; полевой шпат — 40. Замазка выдерживает нагрев до 200° С, не растрескивается и не теряет эластичности.

Замазки на термореактивных или необратимо твердеющих смолах. Замазки на фуриловых смолах (вес. ч.):

	25	26	27
Графит (порошок)	100—120	100—120	100—120
Толуолсульфохлорид	20—22	—	—
Фенилуретаисульфохлорид	—	20—25	—
Хлорбензолсульфокислота	—	—	6—8
Смола ФЛ-2	100	100	100
Фурфурол или фуриловый спирт	0—20	0—20	0—20

Замазки на фурановых смолах (вес. ч.):

	28	29	30
Андезит (порошок)	200—220	—	—
Бензолсульфокислота	20	20—25	—
Графит (порошок)	—	—	140—160
Кислота серная	—	—	10—15
Кокс молотый	—	140—160	—
Фурфурол или фуриловый спирт	—	4—5	20—50
Смола ФА	100	100	100
$\sigma_в$, кгс/см^2	110	100	—
$\sigma_{сж}$, кгс/см^2	1200	1100	—

Замазки на фенолформальдегидных смолах (замазки „арзамит" (вес. ч.):

	31	32	33	34	35
Ацетон	—	70	90	—	—
Бензиловый спирт	10	5	10	10	10
Графит	—	—	—	90	90
Дихлоригидрин глицерина	—	20	—	—	20
Кварцевая мука	90	20	—	—	—
Толуолсульфохлорид	10	10	10	10	10
Фенолформальдегидная смола	90	75	90	90	70
$\sigma_в$, кгс/см^2	51—54	38—40	39—45	48—60	45—65
$\sigma_{сж}$, кгс/см^2	840	380	350	600—700	450—480

Замазки на полиэфирных смолах (вес. ч.):

	36	37
Андезит (порошок)	320—450	—
Гипериз	2—4	2—4
Графит (порошок)	—	150—170
Нафтенат кобальта	5—8	5—8
Смола ПН-1	100	100
$\sigma_в$, кгс/см²	20	115
$\sigma_{сж}$, кгс/см²	1000	800

Замазки на эпоксидных смолах (вес. ч.):

	38	39	40	41	42	43
Андезит (порошок)	—	—	300—400	—	120—200	—
Бензолсульфокислота	—	9—10	—	—	—	—
Графит (порошок)	—	—	—	150—180	—	100—130
Кокс молотый	100—150	200—250	—	—	—	—
Полиэтиленполиамин	10—12	9—10	15—20	15—20	15—20	15—20
Смола ПН-1	—	—	—	—	30	30
МГФ-9	—	—	30	30	—	—
Смола ЭД-6	100	30—50	100	100	100	100
Фурфурол или фуриловый спирт	—	1,8—2,0	—	—	—	—
Смола ФА	—	70—50	—	—	—	—

44. Уплотнительная замазка для двигателей внутреннего сгорания (до 120° С). Новолачная смола — 480; спирт этиловый — 480; гексаметилентетрамин — 43. (Перемешать и добавить порошкообразный металл до нужной вязкости. Отверждается при нагреве.)

45. Эпоксидная электропроводящая замазка (% об.). Эпоксидная смола — 50—40; серебро (порошок) — 50—60. Отверждать любым отвердителем.

45а. Полиэфирная электропроводящая замазка изготовляется аналогично замазке (45), но на полиэфирном связующем.

46. Перхлорвиниловая замазка. ДБФ — 40—60; смола ПХВ — 100. Смешать смолу ПХВ с ДБФ, нагреть до 60° С, перемешивать до однородной массы.

47. Замазка на основе компаунда Виксинт К-18. Катализатор № 18 — 2—4; молотый тальк — 40—50; паста «К» — 100. Тальк и пасту «К» перемешать в ступке. Ввести катализатор, тщательно перемешать 3—5 мин. Тальк можно заменить пылевидным кварцем. Жизненность — 15—20 мин.

48. Замазка на основе компаундов КТ. Кварц пылевидный — 100; компаунд КТ-102 или КГ-102 — 100. Кварц прокалить при 850—900° С 3 ч, охладить, просеять через сито 006. Ввести кварц в компаунд. Тщательно перемешать. Употреблять сразу.

Замазки на неорганических связующих (вес. ч.). **49.** Замазка для заполнения пор в металлических деталях. Окись цинка — 300; двуокись марганца — 300; кремнекислый кальций — 150; графит (порошок) — 30. К смеси добавить при перемешивании 200—300 г концентрированного жидкого стекла и растереть до требуемой густоты. Во всех последующих рецептах жидкое стекло плотностью $\rho=1,49—1,52$.

50. Магнезиальная замазка для фарфора, стекла, керамики. А — барий сернокислый — 200; окись магния — 200; мел отмученный — 100. Б — магний хлористый — 300; кислота соляная (33%-ная) — 100; кислота серная (24%-ная) — 100. Составы А и Б смешать.

51. Маслостойкая замазка. Окись цинка — 360; калиевое жидкое стекло ($\rho=1,4$) — 300; асбест волокнистый или льняная пакля — 340. Уплотнение проводят конопачением.

52. Химически стойкая замазка для фарфора, стекла, керамики. Каолин — 80; измельченное стекло или трепел — 810; жидкое стекло — 80; щавелевая кислота — 3. Растирают каолин и стекло, затем добавляют остальное. Рабочая температура — до 160° С. Быстро твердеет.

53. Быстротвердеющая замазка для соединения металлов со стеклом, керамикой, фарфором. Мел отмученный — 600; жидкое стекло — 400.

54. Замазка для стеклянных сосудов с водой. Свинец сернокислый или свинцовые белила — 600; жидкое стекло — 200—600. Растирать до требуемой вязкости.

55. Водостойкая замазка. Окись кальция — 400; портландцемент — 400; вода — 100—200. Воду добавляют до нужной густоты; твердеет 1—2 дня.

56. Кислото- и водостойкая замазка. Стекло (порошок или мелкий песок) — 350; портландцемент — 350; жидкое стекло — 300. Применима до 150° С.

57. Магнезиальная замазка (цемент Сореля). Магний хлористый — 15,5; вода — 750; окись магния — 250. Можно вводить наполнители. $\tau_ж=1$ ч.

58. Кислотостойкая замазка. Асбест (порошок) — 50; барий сернокислый—50; жидкое стекло — 450. Растирать до пасты.

59. Быстротвердеющая тальковая замазка. Тальк или стеатит — 600; жидкое стекло — 340. Растирать до пасты.

60. Быстротвердеющая замазка. Окись цинка — 600; хлористый цинк — 240; вода — 160. Твердеет за несколько минут.

61. Быстротвердеющая замазка для стекла и фарфора. Негашеная известь—100; мел молотый — 1000; жидкое стекло — 250.

62. Кислотоупорная замазка. Асбест — 500; песок мелкий — 500. Жидкое стекло — до требуемой вязкости.

63. Кислотоупорная замазка. Асбестит — 500; песок мелкий — 500. Жидкое стекло — до требуемой вязкости.

64. Диабазовая кислотоупорная замазка. Диабаз плавленый (порошок) — 96; кремнефторид натрия — 4. Замешивается на жидком стекле.

65. Электропроводящая замазка. Свинцовый сурик — 700; графит (порошок) — 150; жидкое стекло калиевое — 300. Растереть до однородной пасты. Затвердевание при 150° С — 5 мин. Применима до 250—300°С.

66. Электропроводящая теплостойкая замазка. Каолин — 110; графит — 410; жидкое стекло — 480. Растереть до однородной пасты. Пригодна в течение 3 ч. Затвердевает при 160° 45—60 мин. Применима до 350° С.

67. Цинкосиликатная замазка. Жидкое стекло — до нужной консистенции; окись цинка — основа. Жидкое стекло вливать в окись цинка при постоянном перемешивании.

68. Глетоглицериновая замазка. Глицерин — 10; глет свинцовый — 90. Прокалить глет при 300° С 1,5—2 ч. Хранить в эксикаторе с хлористым кальцием. Тщательно перемешать. Готовить перед употреблением.

Замазки на различных связующих (вес. ч.). 69. Спиртостойкая замазка. Казеин—800; жидкое стекло—200—400.

70. Замазка для эмалированных поверхностей. Каолин — 450; трепел молотый — 120; бура безводная — 80; силикат натрия (порошок) — 60; стекло (порошок) — 40; гашеная известь — 40; казеин — 100; вода — 100—250. Сушить 48 ч.

71. Замазка для соединения цветных металлов с мрамором. Канифоль натуральная — 225; едкий натр — 75; вода — 400. Вскипятить, затем растереть с 300 г гипса до однородной массы. Быстро твердеет.

72. «Железная» замазка для соединения металла с керамикой. Мелкие стальные опилки — 500; хлористый аммоний — 400; уксусная кислота (ледяная) — 100. Растирать до пасты.

73. Замазка для стекла, керамики, фарфора, металла. Свинцовый глет — 700; глицерин или этиленгликоль — 300. Затвердевает через 24 ч.

74. Водостойкая замазка для стеклянных сосудов. Графит (порошок) — 400; полевой шпат молотый — 300; сода кальцинированная — 150; олифа — 100—200. Размешать до пасты.

75. Замазка для соединения металлов со стеклом и фарфором. А — льняное масло — 500; свинцовые белила — 150; копаловый лак — 150. Б — сурик свинцовый — 150; олифа — 50. Смешать составы А и Б, затем растереть до пасты.

76. Жаростойкая замазка. Каолин — 900; бура — 100; вода — 100—200. После высыхания и обжига при 700—900° С устойчива до 1600° С.

77. Замазка для соединений паропроводных труб. Кирпичная мука — 200; мел отмученный — 180; крокус — 300; льняное масло — 260; касторовое масло — 60. Растирать 1—2 ч.

78. Высокопрочная замазка для фарфора. Гипс прокаленный смешать с насыщенным раствором алюминиево-калиевых квасцов. Склеивать при сжатии. Полная прочность через 1—2 нед.

79. Жаропрочная замазка. Перекись марганца — 500; цинковые белила—250; бура — 250. Смешивают с жидким стеклом до требуемой вязкости. Быстро твердеет.

80. Кислотостойкая диабазовая замазка — укладочный состав. Порошок плавленого диабаза — 100; кремнефторид натрия— 5; жидкое стекло — до 375 г на 1 кг сухой смеси.

81. Кислотостойкая диабазовая замазка — шпаклевочный состав. Порошок плавленого диабаза — 100; кремнефторид натрия — 6; жидкое стекло — не более 475 г на 1 кг сухой массы. (Для покрытия внутренней поверхности аппаратуры.)

82. Замазка для оконных стекол. Мел просеянный — 820; серная кислота — 10; льняное масло или олифа — 170.

83. Замазка для оконных рам. Мел просеянный — 820; искусственная олифа — 100; натуральная олифа — 100; серная кислота — 10.

84. Быстротвердеющая замазка для деревянных конструкций. Казеин — 500; вода — 400; нашатырный спирт — 500; известь негашеная — 250. Казеин замачивают в воде и нашатырном спирте 2—3 ч, затем добавляют известь. (Быстротвердеющая замазка.)

85. Замазка для заделки деревянных изделий. Окись магния — 400; асбест (порошок) — 100, древесная мука — 50; раствор (20%-ный) хлористого магния — 330. Для окраски прибавляют соответствующий краситель.

86. Замазка для ремонта грубых столярных изделий. Известь гашеная — 100; мука древесная — 200; масляный лак — 100.

87. Водостойкая замазка для работ по дереву. Казеин — 100; вода — 195—225; известь негашеная — 24; жидкое стекло — 26; сода кальцинированная — 7—5; минеральное масло — 1. Казеин набухает в воде, затем в него вливают известковое молоко, после чего — остальное.

88. Универсальная замазка (дерево, стекло, металл, кожа и др.). Свинцовые белила — 320; древесная зола — 30; свинцовый сурик — 60; скипидар — 60; олифа — до требуемой вязкости.

89. Замазка для соединений металла с камнем или фарфором. Крахмал картофельный — 500; окись цинка прокаленная — 50; раствор хлористого цинка — 500; винный камень — 10; серная кислота — 10.

90. Замазка для соединений стекла с деревом и металлом. Шеллак — 100; скипидар — 100; олифа — 5. Сплавить вместе.

91. Металлическая замазка для фарфора. Свинец — 560; олово — 230; висмут — 120. Все в виде опилок.

92. Замазка для стекла. Желатина — 1000; уксусная кислота — 15. Наносится в горячем состоянии, твердеет при 20° С 24 ч.

93. Замазка для крепления металла в камне. Мелкие стальные опилки — 100; жженый гипс — 300; хлористый аммоний — 50. Замешивают на растворе уксусной кислоты. Твердеет быстро.

94. *Замазка для заделки дефектов в чугунных отливках.* Опилки стальные — 140; известь гашеная — 20; песок кварцевый — 25; хлористый аммоний — 3. Замешивают до нужной вязкости на растворе уксусной кислоты. После высыхания прокаливают.

95. Замазка для соединения водопроводных труб. Цемент — 240; окись цинка — 80; глет свинцовый — 20; канифоль — 10. Порошок смешивают с льняным маслом при нагревании.

96. Замазка для металлических деталей. Свинцовый сурик — 100; окись цинка — 250; глина (порошок) — 200. Порошок смешивают с льняным маслом.

97. Замазка для паропроводных соединений. Графит — 60; негашеная известь — 30; сернокислый барий — 80; олифа — 30.

98. Теплостойкая замазка для паровых котлов. Опилки стальные — 450; глина огнеупорная — 200; каолин — 150; соль поваренная — 80; вода — 100—200.

99. Теплостойкая замазка для защиты металла. Опилки стальные — 40; глина (порошок) — 30; бура — 10; соль поваренная — 10; двуокись марганца — 20. В раствор соли и буры всыпают глину, затем остальное. Оплавляется при 900—1100° С в стекловидную массу.

100. Замазка для водопаропроводных соединений. Свинцовые белила — 150; свинцовый сурик — 100; графит — 360; перекись марганца — 300; глина сухая — 90; кипящее льняное масло — 500.

101. Замазка для заделки трещин в изделиях из неметаллических материалов. Целлулоид — 100; ацетон — 350; древесная мука — 60; фенольный клей — 20% от веса пасты.

102. Герметизирующая замазка для стыков трубопроводов. Алюминиевое мыло СЖК (C_{10}—C_{16}) — 2—2,5; асбест — 50—51; белая сажа — 0,5—0,6; битум — 22—24; минеральное масло — 5,9—10,5; петролатум — 15—16. Битум и масло перемешивают при 50° С, добавляют мыло СЖК, перемешивают 1 ч при 140—150° С, затем вводят петролатум, нагревают до 160—170° С, добавляют белую сажу и асбест, перемешивают до однородной массы. Замазка пластична, водостойка, хорошо пристает к металлу.

Массы для ремонта подземных коммуникаций:

	103	104
Хлорированный углеводород	11	32
Гидравлический цемент	6,7	10,5
Полиэфирная смола	35	32
Полистирол	17,5	—
Нафтенат кобальта	0,4	0,3
Перекись метилэтилкетона или бензоила	0,5	0,3
Стекловолокно	7	5,3
Силикат кальция	7	5,3
Сернокислый свинец (твердеет во влажной среде)	14	14

105. Водоотверждаемая композиция для ремонтно-строительных работ. Полиэфирная смола (60%-ный раствор в стироле) — 60; цемент — 40; алифатические ненасыщенные мономеры C_{10}—C_{60} — 2; персульфат аммония — 2. Для отверждения добавляют 9 ч. воды.

106. Замазка для плотного крепления *стекол в рамах.* Асидол — 6—10; жир кашалотовый — 2—4; канифоль—1,2—2,2; мел молотый — 75—88; полидиен — 0,5—1,0; скипидар — 3—4. Асидол, жир и полидиен перемешивают в смесителе, добавляют канифоль, растворенную в скипидаре, вводят при непрерывном перемешивании мел, перемешивают до однородной пластичной массы. Хорошая адгезия к дереву и стеклу. Теплостойка.

Таблица 11.3

ОСНОВНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ ЗАМАЗОК

Свойства замазки или соединяемые материалы	№ рецепта
Быстротвердеющая	59, 60, 61
Вакуум-плотная	17
Водостойкая	2, 12, 14, 20, 54, 55, 56, 74, 95, 100, 104, 105
Газоплотная	23, 68
Герметизирующая	24, 47, 102
Дерево — дерево	84, 85, 86, 87, 88
Жаростойкая	76, 99
Заделка трещин в эмали	70
Заделка пор в металле	49, 94
Керамика — керамика	6, 10, 12, 49, 73
Кислотоупорная	15, 25—43, 46, 51, 52, 56, 58, 62, 63, 80, 81
Маслостойкая	8
Металл — металл	73, 88, 93, 96
Металл — дерево	7, 19
Металл — керамика	53, 72
Металл — кость	19
Металл — пластмасса	19
Металл — стекло	1, 3, 4, 18, 20, 53, 75, 90
Металл — фарфор	1, 49, 53, 75
Минералы, камень	10, 21, 93
Оконные стекла	82, 83, 106
Спиртостойкая	69
Стекло — стекло	6, 10, 12, 13, 49, 52, 54, 59, 73, 74, 78, 92
Стекло — дерево	90
Теплостойкая	77, 100, 103, 105
Трещины в неметаллах	101
Уплотнения в двигателях	44
Фарфор — фарфор	9, 10, 12, 52, 59, 73, 79, 91
Цветной металл — мрамор	71

4. МАСТИКИ

При рассмотрении составов мастик различного назначения разделим их на три группы:

1. Мастики на смоляных связующих.
2. Мастики на латексных связующих.

3. Мастики на неорганических связующих.

Мастики на смоляных связующих (природных или полимерных смолах) (% вес.). Горячие битумные мастики:

	1	2
Асбест VII сорта	20	10
Битум IV	80	70
Трепел	—	20

(В расплавленный при 160—180° С битум вводят при перемешивании небольшими порциями наполнитель.)

Холодные битумные мастики:

	3	4	5	6
Бензин автомобильный	—	—	1,5	21,5
Битум III	85	79	77	75,5
Канифоль	—	3	3	3
Смола сосновая	—	3	3	—
Толуол технический	15	15	8,5	—

В обезвоженный расплавленный битум при непрерывном перемешивании вводят канифоль и сосновую смолу. После охлаждения смеси до 70—80° С добавляют растворитель. Можно вводить наполнители известь, мел, известняковую муку). Твердение — через 1—1,5 мес.

7. Битумно-каучуковая мастика. Бензин А56 — 25; битум IV — 61; портландцемент— 12; резиновый клей — 2.

В расплавленный (150—170° С) битум при перемешивании добавляют наполнитель. Охлаждают до 70—80° С, вводят полными порциями бензин и клей. Перемешивают 20—30 мин. Мастика крепит глифталевый и поливинилхлоридный линолеум и древесноволокнистые плиты к бетону или цементно-песчаной стяжке.

8. Резинобитумная мастика (тип «Изол»). Битум III — 68—78; измельченные отходы резины — 8—15; инден-кумароновая смола — 3—4; наполнитель (асбест или известняковая мука) — 8,5—14; полиизобутилен — 0—1,5. Измельченную резину девулканизируют, нагревая в смесителе с избытком битума при 170—180° С 30—40 мин. Затем вводят остальное. Применяют в горячем виде, либо в холодном, разводя бензином.

9. Герметизирующий состав для швов между панелями строительных конструкций (пороизол). Крошка старой резины — 65—80; вязкие нефтепродукты (например, автол 18) — 20—30; вулканизирующая группа (например, сера, каптакс, тиурам) — 1,2—3; порофор 5 или 18 — 1,2—3,5; антисептик—1.

Пороизол обладает повышенными изолирующими и упругими свойствами.

Для изготовления пороизола крошку старой резины вместе с высоковязкими нефтяными продуктами типа автол 18 подогревают в течение времени, необходимого для девулканизации резины (при температуре +200° С — 20—30 мин, при температуре +180° С — 40 мин).

Полученную массу пластифицируют на вальцах или в смесителе типа СН, после чего в нее вводят серу, каптакс, тиурам и порообразователь, например порофор 5 или 18. Затем массу формуют в изделие заданного профиля и помещают в камеру с обогревом (радиационным или индукционным или в поле ТВЧ), где подогревают до окончания процесса вспучивания и вулканизации.

10. Битумная холодная мастика для крепления кумароновых плиток к бетону. Асбест VII сорта — 15; битум IV — 62,5; каолин — 15; кубовые остатки СЖК — 7,5.

Кумароновые мастики для крепления кумароновых плиток:

	11	12
Бензин или уайт-спирит	19,5	19,5
Инден-кумароновая смола	13,5	13,5
Кубовые остатки СЖК	—	27
Молотый мел	40	40
Талловое масло — сырец	27	—

13. Кумарон-каучуковая мастика КН-2. Инден-кумароновая смола — 10; найрит — 25; каолин — 25; этилацетат — 20; бензин «галоша» — 20.

Каучук и каолин вальцуют 40—45 мин и сразу разогретыми помещают в смеситель с небольшим количеством растворителя. После набухания 3—4 ч добавляют еще часть растворителя и инден-кумароновую смолу. Затем вводят остальной растворитель. Общее время приготовления 5—5,5 ч.

Применяется для крепления поливинилхлоридного линолеума, резины, глифталевого линолеума, древесноволокнистых плит, керамики и т. д.

Инден-кумароновые мастики:

	14	15
Полистирол	—	3—4
Инден-кумароновая смола	24,3	15—17
Сольвент-нафта	15,6	12—14
Дибутилфталат	10,1	3—4
Известняковая мука	50	54—61
Этилацетат	—	6—7

(Для крепления полистирольных плиток, поливинилхлоридного линолеума, ксилолитовых плиток, древесноволокнистых плит на различные основания.)

16. Уплотняющая мастика УМС-50. Полиизобутилен П-118 — 5; масло минеральное нейтральное — 20; мука известняковая (60 мкм) — 75. Перемешивание компонентов производится на резиносмесительных вальцах при температуре переднего валка 100—120° С, заднего — 120—140° С. Мастика применяется для уплотнения стыков между панелями строительных конструкций.

17. Мастика ДФК-П. Смола дифенилкетоновая (ДФК-8) — 60—65; тальк — 30—20; каолин — 10—15. При 20° С перемешивают в мешалке смолу, тальк, каолин. (Применяется для крепления поливинилхлоридного линолеума между собой и к бетону.)

18. Канифольная мастика. Канифоль — 17; молотый известняк — 65; спирт-денатурат — 11, олифа-оксоль — 7. В раствор канифоли в спирте вводят олифу и наполнитель. Применяется для крепления глифта-

левого и поливинилхлоридного линолеумов на тканевой основе, полистирольных плиток.)

19. Алкидная мастика. Алкидный лак — 60; мел — 35; пигмент — 5. (Применяется для крепления глифталевого линолеума.)

20. Канифольно-фурфурольная мастика КБФ. Канифоль — 17; уайт-спирит — 9,8; фурфурол — 2; ацетон—0,9; олифа-оксоль—6,8; доломитовая мука — 63—70. (Применяется для крепления полистирольных плиток.)

21. Мастика для ремонта железобетонных конструкций. Карбиинольный сироп — 100; портландцемент — 300—400; перекись бензоила — 2—3.

22. Мастика для ремонта железобетонных конструкций. Смола ЭД-5 — 100; портландцемент — 100; жидкость ГМД — 7—8.

23. Эпоксидно-каучуковая мастика НМ-1. А — основной состав: бура — 20; двуокись титана — 9; каучук СКН-26-1 (раствор 1 : 1 в растворителе) — 68; смола ЭД-5 — 100. Для окраски вводят (вес. ч.): пигмент голубой фталоцианиновый — 0,5, или сажу газовую — 0,5, или окись хрома — 10, или пигмент красный железоокисный К — 10.

Б — рабочие составы:

Абразивное зерно № 16	—	25	12,5
Кварц пылевидный	25	50	—
Песок кварцевый (04—02)	—	50	—
Полиэтиленполиамин	5—10	5—10	5—10
Растворитель Р-4	—	—	15
Состав А (см. выше)	100	100	100

В трехслойном покрытии мастикой НМ-1: 1 — грунтовочный слой; 2 — основной слой; 3 — декоративный слой.

24. Полиэфирная нескользкая мастика. Гипериз — 8; нафтенат кобальта НК — 3; песок кварцевый — 300; полиэфирная смола ПН-1 — 100; сажа газовая — 0,15.

25. Этинолевая нескользкая мастика:

	А	Б
Асбест (волокно)	—	1,5
Асбест пылевидный	30—27	—
Лак этинолевый	50—55	50
Пигмент (сурик, охра)	—	13,5
Цемент	20—18	35

(% вес.)

26. Битумно-полимерная гидроизоляционная холодная мастика. Нефтяной битум — 40—45; регенерированная гексахлорксилолом резина — 5—20; наполнитель — 15—25; органический растворитель—30—33.

Для приготовления мастики используют разжиженный в различных органических растворителях битум, например БН-IV, и регенерированные гексахлорксилолом отходы резины с наполнителем. В качестве наполнителя берут высокоуглеродистые компоненты — кокс, графит и т. п.

Регенерированные отходы резины хорошо растворяются в органических растворителях. Мастика имеет структурированную систему, что придает покрытиям на ее основе повышенную водонепроницаемость, эластичность и увеличивает срок их службы.

27. Горячая гидроизоляционная битумная мастика. Битум (например, марки БН-IV)—20—60; тонкодисперсный наполнитель (например, известняковый порошок) — 30—60; жидкий водоустойчивый каучук (например, марки СКН) — 2—12; 5—12%-ный раствор нафтената кобальта, например в стироле, — 0,4—10,0.

Мастика изготовляется простым смешением битума с жидким каучуком с последующим добавлением нафтената кобальта, а затем наполнителя. Используется в горячем состоянии. Обычными способами непосредственно наносится в виде штукатурки либо методом литья, применяется также для изготовления рулонных материалов, в том числе матов.

28. Кислотостойкие мастики для наливных полов. Связующие мастики имеют состав:

	А	Б	В
Олигомер ФФ-1	67,4	72,9	73,3
Сополимер СКАЭ-10ж	8,3	6,7	4,2
Фуриловый спирт	24,3	20,4	22,5

В качестве наполнителей мастик используют углеродосодержащие универсальностойкие наполнители — графит, карбост, молотый кокс, порошки полиолефинов. Для отверждения применяют α-фенилуретилансульфохлорид — хлорбензолсульфокислоту и др.

Пример состава мастики: связующее А — 100; отвердитель ПФУСХ — 7—11; молотый кокс — 57—92.

Покрытия мастик стойки к растворам соляной, серной, фосфорной и уксусной кислот и щелочей любых концентраций при 20—50° С.

Ненапряженные мастики для наливных полов.

29. Связующее ПЭК — 100; перекись бензоила — 2; диметиланилин — 2; полиметилбутокситриметилсилоксисилоксан — 0,1; двуокись титана — 6; маршалит — 91.

30. Связующее «Аллит-5» — 100; гипериз — 4; нафтенат кобальта—8; полиметилбутокситриметилсилоксисилоксан — 0,05; барит — 100; пигмент синий фталоцианиновый — 1,2.

31. Связующее ПНК-81 — 100; гипериз — 0,3; ускоритель «Б» — 0,3; полиметилбутокситриметилсилоксисилоксан—0,7; маршалит — 88; пигмент — основной силикохромат свинца — 14.

В составах (29) — (31) используются связующие: ПЭК — компаунд на основе ненасыщенной полиэфирной, кумароновой и эпоксидной смол; «Аллит-5» — компаунд на основе полиэфирной смолы, содержащей в своей структуре простые аллиловые эфиры; ПНК-81 — компаунд на основе канифолевой полиэфирной смолы и жидкого карбоксилатного каучука.

Применение полиметилбутокситриметилсилоксисилоксанов в приведенных составах позволяет уменьшить внутренние напряжения.

Мастики повышенной технологичности и износостойкости для наливных полов. 32. Диглицидиловый эфир анилина — 2,6; перекись ме-

тилэтилкетона — 2; поливинилхлорид С-62—82; раствор олигодиэтиленгликольфталатмалеината в эфире ТГМ-3 с добавкой бисбутилфталата кобальта К-1 (смола ПНТ-2у) — 100.

33. Диглицидиловый эфир анилина — 1,8; перекись циклогексанона — 2,5; поливинилхлорид С-62 — 87; раствор олигодиэтиленгликольфталатмалеината в эфире ТГМ-3 с добавкой резината кобальта (смола НПС-609-21) — 100.

34. Диглицидиловый эфир анилина—1,8; жидкий нитрильный каучук СКП-26Ж — 3,5; перекись метилэтилкетона — 2; поливинилхлорид С-62 — 78; раствор олигодиэтиленгликольфталатмалеината в эфире ТГМ-3 с добавкой Х-1 (смола ПНТ-2) — 100.

В составах (32) — (34) поливинилхлорид с размером частиц не более 3 мм. В условиях повышенной деформации нужно добавлять к составам жидкий каучук нитрильного типа — 2—7% от веса смолы.

35. Звукоизолирующая мастика, отверждаемая на холоду. Легкий наполнитель (например, тальк) — 8—20; поливинилацетатная эмульсия — 20—40; тяжелый наполнитель (например, кварцевый песок) — 16—40; фенолоспирт — 10—20; фосфорная кислота — 2,5—5,0.

Смешивают при t=18—22° С. Наносят шпателем, пистолетом и др. в 2—3 слоя. Снижает шум от 15 до 40 дБ.

Мастики иа латексиых связующих. Цементно-латексные мастики:

	36	37	38	39
Асбест (волокно)	2,2	2,2	2,0	
Латекс ДВХБ-70 (30%-ный)	21,7	24,3	31,0	33
Портландцемент 400	69,6	66,3	52,0	55
Стабилизатор „К"	6,5	7,2	9,0	12
Экспанзитовая (пробковая) крошка	—	—	6,0	—

Состав (36) — для закрепления керамических плиток; (37) — для выравнивания основы под линолеум; (38) — для покрытий полов вместо деревянного настила; (39) — грунт под магнезиально-латексную мастику.

40. Магнезиально-латексная мастика (МСЛ-2). Асбест VI—VII сорта или совелит — 9; каустический магнезит (сырой) — 28; латекс ДВХБ-70 или СКС-30 30%-ный — 6,75; стабилизатор «К» — 2,25; хлористый магний (раствор, ρ=1,18) — 45; экспанзитовая крошка — 9.

Мастики на неорганических связующих. 41. Магнезиальные мастики (ксилолитовые). Основа — магнезиальный цемент, порошок каустического магнезита (ГОСТ 1216-41) с содержанием 75% MgO. Отвердители (затворители) — растворы хлористого магния плотностью 1,14—1,24 г/см³, сернокислого магния, железного купороса. Заполнители — опилки древесные или кварцевый песок. Минеральные добавки — песок, дробленый кварц, асбест, трепел, тальк.

Отношение каустического материала к другим сухим составляющим 1 : 1,5—1,4.

Некоторые индексы МКИ, которыми сведения гл. XI классифицируются в патентной литературе:

C 08	Высокомолекулярные соединения; их получение и химическая переработка; смеси иа основе этих соединений
C 08 *b*	Полисахариды и их производные
C 08 *c*	Натуральный каучук и его производные
C 08 *d*	Синтетический каучук
C 08 *f*	Продукты полимеризации
C 08 *g*	Продукты поликонденсации
C 08 *h*	Высокомолекулярные соединения, не отнесенные к другим подклассам, смеси на их основе
C 09 *к*	Различные вещества и составы, не отнесенные к другим подклассам
3/10	Вещества для герметизации или уплотнения соединений или крышек

Некоторые индексы УДК, которыми сведения гл. XI классифицируются в печатных изданиях:

621.315.616.97	Электроизоляционные компаунды
678	Промышленность высокомолекулярных веществ. Резиновая промышленность, промышленность пластмасс
678.4	Натуральные каучуки
678.5	Пластмассы
678.6	Синтетические продукты поликонденсации
678.7	Синтетические продукты полимеризации, полимеризационные смолы. Синтетические каучуки
678.8	Другие высокомолекулярные вещества, кроме перечисленных

ГЛАВА XII

СОСТАВЫ ДЛЯ ЧИСТОВОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ

Достижение высокой чистоты поверхности (малой шероховатости) металлических изделий может осуществляться различными приемами: резанием, давлением, химическим или электрохимическим растворением, оплавлением и т. д. В данной главе рассматриваются только составы, используемые в операциях получения чистой поверхности механической обработкой—резанием.

С указанным выше ограничением чистовая механическая и химико-механическая обработка поверхности металлов включает в себя операции шлифования (все виды), полирования, хонингования, доводки, проводящиеся при помощи абразивных инструментов, порошков и паст, а также (для интенсификации) с введением химически активных веществ в зону обработки.

Ниже приводятся рецепты некоторых составов, используемых при проведении чистовой обработки: шлифовально-полировальные абразивные пасты; связки для изготовления абразивного инструмента; растворы для химической интенсификации процессов механического шлифования и полирования.

Здесь и везде далее под термином «абразив» понимается любой высокотвердый материал (корунд, карборунд, алмаз, эльбор и др.), используемый в виде зерен той или иной крупности.

1. СОСТАВЫ ШЛИФОВАЛЬНО-ПОЛИРОВАЛЬНЫХ И ДОВОДОЧНЫХ ПАСТ

Пасты для шлифования, полирования, доводки представляют собой композиции разной степени пластичности или вязкости, в основном состоящие из смеси абразивных зерен с пластичным связующим (обычно минеральными и животными жирами).

Ниже приведены составы различных шлифовально-полировальных паст, находящих практическое применение. Технология их приготовления в основном состоит из операций точной дозировки компонентов и равномерного смешивания их при соответствующей температуре до получения однородной массы.

Пасты с окисью хрома (вес. ч.). 1. Окись хрома — 56; парафин — 6; стеарин — 38.

2. Окись хрома — 70; олеиновая кислота — 2; парафин — 8; стеарин — 20.

3. Катапин — 0,1—1; кубовый остаток СЖК (фракции C_{10}—C_{18} — 12%, C_{18}—C_{20} — 30%) — 15,9—10; окись хрома — 40—60; омыленный кубовый остаток СЖК — 16—9; парафин — 16—11; церезин — 12—9.

В реактор с мешалкой и обогревом загружают 50% рецептурного количества кубовых остатков и постепенно при подогреве до 80—90° С и перемешивании туда же вводят необходимое количество раствора каустической соды. Процесс продолжают до нейтральной реакции. Затем в омыленную массу добавляют остальное количество кубовых остатков и перемешивают. В полученную подогретую массу при перемешивании небольшими порциями загружают абразив. После введения рецептурного количества абразива массу перемешивают и подают на перетирку, которую производят один раз на краскотерочной вальцовке. Отдельно в реактор загружают остальные связующие компоненты — парафин, церезин — и подогревают их до 90—100° С. Далее в расплавленную массу вводят перетертый замес и катапин и перемешивают все это до создания однородной массы. Выливают ее расплавленную в формы и охлаждают.

4. Окись хрома — 74; олеиновая кислота — 4,7; петролатум — 19,4; стеарин — 1,9.

5. Окись хрома — 73; олеиновая кислота — 4; стеарин — 23.

6. Каолин — 36,8; окись хрома — 36,8; петролатум — 13,2; стеарин — 13,2.

7. Окись хрома — 80,3; олеиновая кислота — 1; солидол — 1,7; стеарин — 17.

	8	9
Окись хрома	46	40
Олеиновая кислота	4	7
Парафин	30	8
Стеарин	20	10

10. Окись хрома — 70; стеарин — 25; техническое сало — 5.

	11	12
Воск пчелиный	9	2,5
Окись свинца	5	1,2
Окись хрома	66	31,5
Стеарин	16	12,8
Техническое сало	5	2,0

13. Керосин — 2; окись хрома (прокалить при 1400—1600° С) — 81; расщепленный жир — 5; силикагель — 2; стеарин — 10.

14. Керосин — 2; окись хрома (прокалена при 1200—1250° С) — 76; расщепленный жир — 10; силикагель — 2; стеарин — 10.

15. Керосин — 2; натрия бикарбонат — 0,2; окись хрома (не прокалена) — 74; олеиновая кислота — 2; расщепленный жир—10; силикагель — 1,8; стеарин — 10.

16. К обычным составам паст, содержащих окись хрома, стеарин, парафин, олеиновую кислоту, добавляют 1,8—2,5% вес. восстановителя, например метола, что повышает производительность и качество обработки поверхности.

17. Абразивный порошок, электрокорунд белый (ЭБ), зернистость М20 — 10; масло вазелиновое — 60; стеарин — 30.

18. Абразивный порошок ЭБ, М20 — 20; масло вазелиновое — 53; стеарин — 27.

19. Абразивный порошок ЭЛ, М20 — 30; масло вазелиновое — 47; стеарин — 23.

20. Абразивный порошок ЭБ, М20 — 40; масло вазелиновое — 40; стеарин — 20.

21. Абразивный порошок ЭБ, М20 — 50; масло вазелиновое — 33; стеарин — 17.

22. Абразивный порошок ЭБ, М20 — 75; олеиновая кислота — 25.

23. Абразивный порошок ЭБ, М20 — 70; олеиновая кислота — 20, парафин — 10.

24. Абразивный порошок ЭБ, М20 — 50; олеиновая кислота — 30; парафин — 2; стеарин — 18.

25. Абразивный порошок ЭБ, М20 — 73; олеиновая кислота — 24; стеарин — 3.

26. Абразивный порошок ЭБ, М20 — 30; керосин — 21; масло вазелиновое — 26, стеарин — 23.

27. Абразивный порошок ЭХ, М20 — М3 — 70; керосин — 2; олеиновая кислота — 20; стеарин — 8.

28. Абразивный порошок ХБТ, М20 — М3 — 70—50; керосин — 2—6; олеиновая кислота — 20—27; стеарин — 8—17.

29. Абразивный порошок М1 — 4; масло вазелиновое — 48; олеиновая кислота — 48.

30. Абразивный порошок ЭБ, зернистость М7—М14 — 70; синтетические жирные кислоты (фракция C_{17}—C_{20}) — 30. (Паста хорошо заменяет хромовую, не раздражает руки, дешевле).

31. Абразивный порошок ЭБ — 40—50; канифоль — 2—7; керосин 7—12; олеиновая кислота — 13—21; парафин — 14—25. В составы (33) — (43), приводимые ниже, вводится раствор — интенсификатор (32).

32. Канифоль — 12; керосин — 10; скипидар — 39; этиловый спирт — 46. Интенсификатор вводят в пасту последним.

33. Абразивный порошок ЭХ, М40 — 58—40; интенсификатор — 5; олеиновая кислота — 25; стеарин — 5.

34. Абразивный порошок ЭХ, М27 — 58—40; интенсификатор — 5; олеиновая кислота — 25; стеарин — 15.

35. Абразивный порошок ЭХ, М20 — 58—40; интенсификатор — 5; олеиновая кислота — 25; стеарин — 11.

36. Абразивный порошок ЭХ, М14 — 50—35; интенсификатор — 4; олеиновая кислота — 20; парафин — 6; стеарин — 20.

37. Абразивный порошок ЭХ, М10 — 40—35; интенсификатор — 4; олеиновая кислота — 25; парафин — 6; стеарин — 30—25.

38. Абразивный порошок ЭХ, М7 — 30—25; интенсификатор — 4; олеиновая кислота — 30; парафин — 6; стеарин — 30—35.

39. Абразивный порошок ЭХ, М5 — 20—18; интенсификатор — 3; олеиновая кислота — 32; парафин—8; стеарин—31—39.

40. Абразивный порошок ЭХ, М3 — 18—15; интенсификатор — 3; олеиновая кислота — 32; парафин — 8; стеарин — 42—39.

41. Абразивный порошок ЭХ, М2 — 10—8; интенсификатор — 3; олеиновая кислота — 38; парафин — 8; стеарин — 43.

42. Абразивный порошок ЭХ, М1 — 7—5; интенсификатор — 2—1; олеиновая кислота — 38; парафин — 10; стеарин — 43.

43. Абразивный порошок ЭХ, М05 — 5—2; интенсификатор — 2; олеиновая кислота — 40; парафин — 10; стеарин — 43.

44. Абразивный порошок ЭБ, М40 — 30; масло вазелиновое — 26; стеарин — 23.

45. Трепел — 72; масло вазелиновое — 16; стеарин — 12.

46. Трепел — 70; олеиновая кислота — 5; стеарин — 25.

47. Трепел — 68; воск — 10; парафин — 18.

48. Трепел — 65,3; стеарин — 17; церезин — 33.

49. Венская известь — 80; воск — 4,5; масло вазелиновое — 29; стеарин — 2,5.

50. Венская известь — 74; стеарин — 23; техническое сало — 1,5; церезин — 1,5.

	51	52
Венская известь	84	70
Стеарин	0,8	28,5
Церезин	15,2	1,5

53. Венская известь — 72; скипидар — 2; солидол — 2; стеарин — 22; церезин — 2.

54. Крокус — 71,5; окись свинца — 1,5; стеарин — 18; техническое сало — 9.

55. Крокус — 76,7; солидол — 1,5; стеарин — 18,8; церезин — 3.

56. Крокус — 73,1; олеиновая кислота — 1,0; парафин — 5,4; стеарин — 18,5; церезин — 2.

57. Крокус — 52; графит — 4; олеиновая кислота — 7,0; сера — 10; стеарин — 27.

58. Крокус — 55; олеиновая кислота — 10; парафин — 10; стеарин—15; церезин—10.

59. Маршалит — 80,8; парафин — 10; солидол — 1—9,0.

60. Карбид кремния, М28 — 10; масло вазелиновое — 60; стеарин — 30.

61. Карбид кремния, М28 — 20; масло вазелиновое — 53; стеарин — 27.

62. Карбид кремния, М28 — 75; олеиновая кислота — 25.

63. Карбид кремния зеленый, М20 — 70; керосин — 1; олеиновая кислота — 20; парафин — 9.

64. Карбид кремния зеленый, М20 — 50; олеиновая кислота — 30, парафин — 2; стеарин — 18.

65. Цемент 500 — 75; масло машинное — 5; парафин — 20.

66. Абразивный порошок ЭБ, М20 — 45; абразивный порошок ОХ — 15; олеиновая кислота — 18; парафин — 6; стеарин — 15.

67. Абразивный порошок КЗ, М20 — 45; абразивный порошок ОХ — 15; олеиновая кислота — 18; парафин — 6; стеарин — 15.

68. Абразивный порошок ЭХ — 35; абразивный порошок ОХ — 35; скипидар — 2; солидол Т — 5; стеарин — 9.

69. Абразивный порошок ЭБ, М20—М28 — 63; абразивный порошок КЗ, М14—М20 — 21; петролатум — 16.

70. Абразивный порошок АМ, зернистость 7—100 — 2—10; абразивный порошок КЗ, зернистость на две группы ниже АМ, — 38—30; олеиновая кислота — 30; масло индустриальное — 15; стеарин — 15.

71. Абразивный порошок КР — 37,5; абразивный порошок ОХ — 38; петролатум — 18,4; сало техническое — 1,5; скипидар — 1,5; церезин — 12,9.

72. Абразивный порошок КР — 35,5; олеиновая кислота — 4,4; парафин — 2,2; стеарин — 22,4.

73. Абразивный порошок ОХ — 36,8; каолин — 36,8; петролатум — 13,2; стеарин— 13,2.

74. Абразивный порошок КР — 36,8; каолин — 36,8; стеарин — 13,2.

75. Алмазный порошок — 1—30; гексагональный нитрид бора — 10—60; основа — 10—88. (Дает повышенное качество поверхности.)

76. Алмазный порошок — 1—10; аэросил — 10—15; воск — 10—15; изоамилацетат — 0,1—1; эмульгатор ОП-7 — до 100%. (Равномерное распределение частиц.)

77. Карбид титана — 30—35; минеральное масло — 35—40; олеиновая кислота — 10—15; полиизобутилен — 1,2—2; стеариновая кислота — 12—15.

78. Абразив — 45—55; оксиэтилированные жирные спирты — 0,5—2,0; вода — 10—25; минеральные масла — 20—25; растительные масла — 5—10; растворители (керосин, скипидар) — 1—10.

79. Глинозем — 46,9; оксиэтилированный жирный спирт (например, синтанол ДС-10) — 1,4; вода — 16,7; вазелиновое масло — 22,8; касторовое масло — 5,7; керосин — 5,3; скипидар — 1,2.

80. Монтан-воск дважды отбеленный — 3—10; церезин 80—2—3; парафин А или Б — 12—15; олеиновая кислота — 1—2; триэтаноламин — 1—1,5; бутиловый эфир стиромали (кислотное число 180—190) — 3—5; уайт-спирит в соотношении 1 : 1 — до 100%.

81. Алмазный порошок — 2—10; глицерин — 50; смесь полиэтиленгликолевых эфиров высших жирных спиртов — 40—48. Паста водорастворима. Применима для обработки кремния, германия, кварца. Алмазный порошок смешивают с глицерином, полученную суспензию вводят в предварительно расплавленную смесь полиэтиленгликолевых эфиров, массу перемешивают до загустения.

82. Алмазный порошок — 2—10; горчичное масло — 68—60; стеарин — 30. В смесь порошка с горчичным маслом вводят при помешивании расплавленный стеарин.

83. Масляная часть — 70—80; притирочный порошок — 20—30.

Состав масляной части: масло машинное СУ — до 100%; стеарат алюминия — 2,5—2,6; церезин — 3—3,5. Притирочный порошок — карбид кремния.

В мешалку с механическим перемешиванием загружают все расчетное количество мыла стеарата алюминия и 1/3 ч. машинного масла СУ. Смесь нагревают до 90° С и выдерживают при этой температуре 1 ч. Затем для обезвоживания массы температуру поднимают до 120° С, и при этой температуре подают остальное количество масла и церезин. Подогрев мешалки продолжают до получения однородной массы. Температура масла при этом достигает 145—150° С. Затем обогрев и механическое перемешивание выключают и масло охлаждают до комнатной температуры.

Для получения притирочной пасты в полученное масло добавляют порошок карбида кремния — от 20 до 30%.

84. Молочная кислота — 5—10; минеральное масло — 13—15; парафин — 9—12; олеиновая кислота — 5—8; стеарин — 4—8; микропорошок абразивный — 64—67. (Повышенное качество обработки металлических поверхностей.)

85. Алмазный порошок — 2—10; карбид бора — 20—30; олеиновая кислота — 15—25; стеарин — 15—25; кремнийорганическая жидкость — до 100%. (Работоспособна при повышенных температурах.)

86. Этиленгликоль — 75—25; алмазный микропорошок — 0,3—3,0; глицерин — до 100%. (Улучшенная чистота обработки и высокая производительность.)

87. Полиизобутилен — 0,5—2,0; масло вазелиновое — 80—120; карбид бора — 10—30. (Повышенная скорость съема и отсутствие наводороживания поверхности.)

Кроме широко применяемых шлифовально-полировальных паст, составы которых приведены выше, известны и многие другие пасты.

Составы некоторых из них приводятся ниже.

88. Паста, отличающаяся хорошей смываемостью и повышенной устойчивостью при хранении, отличается от известных тем, что в качестве связующего в ней применен раствор полиакриламида со смачивателем НБ, а компоненты взяты в следующем соотношении (% вес.): абразивный порошок — 65—70, раствор, содержащий 60 г/л 8—9%-ного полиакриламида и 20 г/л смачивателя НБ, — 30—35.

Кроме смачивателя НБ можно применять и другие поверхностно-активные вещества, обладающие аналогичными смачивающими, моющими и эмульгирующими свойствами.

Изготовляется паста следующим образом.

Заранее приготовляют водный раствор полиакриламида из исходного 8—9%-ного технического продукта с добавлением смачивателя НБ путем интенсивного механического перемешивания до полного растворения при 20—25° С. Затем в раствор вводят абразивный порошок, и всю массу тщательно перемешивают до получения однородной пасты. После обработки детали очищают от остатков пасты промывкой проточной холодной водой.

89. Абразив (эльбор, электрокорунд и др.) — 2—20; полиэтиленгликоль — 40—20; блок-сополимер окисей пропилена и этилена на основе этилендиамина — 20—30; смесь полиэтиленгликолевых эфиров высших жирных спиртов — 20—10; смесь полиэтиленгликолевых эфиров моно- и диалкилфенолов — 18—20.

90. Шлифовально-полировальная паста повышенной эффективности. 60%-ное хозяйственное мыло — 16; окись хрома — 29,5; микропорошок М10 — 29,5; оксиэтилированный алкилфенол — 1; глицерин — 5; вазелин— 4; мочевина — 1; вода — 14.

Паста этого состава позволяет вести одновременную шлифовку и полировку цветных металлов и сплавов до покрытия, а также полировку деталей после покрытия без применения огнеопасных веществ для последующего обезжиривания деталей. Паста водорастворима, поэтому она легко снимается водой или водными растворами, что улучшает условия труда.

Высокий блеск и чистота поверхностей деталей достигаются применением в качестве абразива смеси окиси хрома и микропорошка М10, а также добавлением мочевины, химически воздействующей на металлическую поверхность во время шлифовки и полировки и предохраняющей последнюю от окисления и потускнения.

Для приготовления пасты необходимое количество воды доводят до кипения, добавляют глицерин, измельченное мыло, вазелин и мочевину. После расплавления мыла добавляют окись хрома или окись хрома с микропорошком М10 и 6—7-оксиэтилированный алкилфенол. Всю массу кипятят, перемешивая до получения однородной массы, которая должна капать с мешалки, а не стекать струей. Готовую пасту выливают в формы, предварительно смазанные тонким слоем вазелина (для предотвращения ее прилипания к стенкам), и оставляют для полного затвердевания на 24—48 ч, затем пасту вынимают из формы и режут на куски нужной величины.

91. Паста повышенной эффективности для полирования металлических поверхностей с лакокрасочным покрытием (% вес.). Аэросил — 4—10; препарат ОС-20 (смесь полиэтиленгликолевых эфиров высших жирных спиртов) марки В — 4—7; отбеленный монтан-воск — 13—3; парафин — 7—3; церезин — 1—3; масло ИС-4 — 1; «Нефтегаз-204» — 3—1; оксидифенил технический — 4—0,5; уайт-спирит — 38—30; вода — 25—41,5.

2. СОСТАВЫ СВЯЗОК АБРАЗИВНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Как известно, основным инструментом, применяемым при чистовой механической обработке со снятием металла, является абразивный инструмент, представляющий собой изделие заданной формы и размеров, состоящее (полностью или в рабочей части) из зерен абразива, прочно закрепленных в менее твердой связке (матрице). От соотношения количеств абразивиых зерен и связки и свойств связки в значительной степени зависит работоспособность и эффективность абразивного инструмента.

Возможность варьирования состава и свойств абразивных зерен ограничена, и, как правило, они поступают на предприятия в готовом виде, не поддающимися какимлибо изменениям свойств. Возможность же варьирования состава и свойств связок весьма велика, что и реализуется практически при изготовлении абразивных инструментов.

В этом разделе приведены некоторые характеристики составов, используемых в качестве связок при изготовлении абразивного инструмента. Соответственно их природе, все связки отнесены к трем следующим группам: 1 — органические связки; 2 — металлические связки, 3 — минеральные связки.

2.1. ОРГАНИЧЕСКИЕ СВЯЗКИ

Наиболее распространенной при промышленном изготовлении абразивного инструмента является связка на основе фенолформальдегидных смол (бакелитовая). После затвердевания такой связки создается прочное закрепление зерна и обеспечивается требуемый уровень упругих свойств инструмента в целом.

Приводим рецепты нескольких абразивных составов на таких связках (все в вес. ч.).

Таблица 12.1

НАЗНАЧЕНИЕ АБРАЗИВНЫХ ПАСТ

Основное назначение или тип пасты	№ состава
Доводка металлических деталей	27, 28, 29, 32, 44, 77, 82, 84
Доводочно-полировальные работы	3, 4—12, 13—15, 16
Доводка — притирка черновая	33—35
Доводка чистовая предварительная	36, 37, 38
Доводка чистовая тонкая	39, 40, 41
„ окончательная сверхтонкая	42, 43
Доводочные пасты типа ГОИ	13—15
Доводка стальных закаленных деталей	32—42
Притирочные работы	17—27, 31, 82, 83
Полирование лакокрасочных покрытий	78—80, 91
Полировальные работы	1, 2, 3, 30, 45—65, 66—69—76, 85, 88
Полироваине цветных металлов	3, 45—65, 90
Шлифовально-полировальные работы	1—76, 85, 88
Шлифовально-полировальные пасты:	
на окиси хрома	1—16
на окиси алюминия	17—44
на различных абразивах	45—76
Шлифование хрупких материалов	91

1. Абразивные зерна — 12,5—37,5; фенолформальдегидная смола — 35—50; серно-

кислый барий — 15—20 и, кроме того, тальк — 7—15. В качестве абразивных зерен используют металлизированный алмаз или боразон. Для изготовления инструмента связующее на основе фенолформальдегидной смолы смешивают с порошкообразным сернокислым барием и тальком, затем связку смешивают с порошком металлизированного алмаза или боразона и из полученной массы готовят инструмент путем прессования.

2. Абразивное зерно — 71—74; фенолформальдегидная смола — 12,5—13,5; поливинилбутираль — 6,5—7,5; жидкий бакелит— 7—8. (Масса горячего прессования для абразивных шеверов.)

3. Бакелит жидкий — 2,5—2,7; карбид кремния черный (зерно 160—200) — до 100; криолит — 2,3—3,3; пульвербакелит — 5,2—5,3; сера — 3,2—3,3; электрокорунд нормальный (зерно 1250—160) — 22—23. (Масса для изготовления прецизионного абразивного инструмента.)

4. Алмазный порошок — 12,5—37,5; порошок отвержденного пульвербакелита—до 100%; пульвербакелит — 40—50. (Для шлифовального инструмента устранение закаливания при хонинговании; повышение чистоты.)

5. Электрокорунд (зерно 60—80) — 50; графит серебристый — 50. (Связка для электропроводных кругов). Сухая смесь смачивается бакелитовым лаком (2,5% сверх 100), перемешивается, протирается через сетку. Подсушенная смесь прессуется до объемного веса 2 г/см³. Прессованные круги запекаются по режиму бакелитирования.

6. Бакелит жидкий — 3,7—6,7; карбид кремния (зерно) — 100%; криолит — 5,6—9,4; пульвербакелит — 5,7—9. (Для армированных абразивных кругов.)

7. Абразивное зерно — 100; пульвербакелит — 8—16; жидкий бакелит — 2—4; кремний (порошок) — 1—10. (Масса улучшенной формуемости для шлифовальных инструментов. $\sigma_в > 200$ кгс/см²; $\sigma_и = 490$ кгс/см².)

Кроме фенолформальдегидных смол в связках используют и другие синтетические смолы. Приводим несколько таких составов:

8. Ксилол — 43; лак кремнийорганический К-58 — 43; полиэтиленполиамин — 10; смола ЭД-6 — 100. (Клеевая связка для абразивных зерен: 100 вес. ч. абразивного зерна; 3—4 вес. ч. связки).

9. Войлок — 9—10; дибутилфталат — 5—6; окись хрома реактивная — 70—80; полиэтиленполиамин — 5—6; эпоксидная диановая смола — 50—60. (Состав для полировальных кругов для обработки мелких точных деталей.)

10. Карбид бора — 50; эпоксидная смола — 32; каучук СКН-26-1 или тиокол (жидкие) — 18. (Масса на эластичной связке для суперфинишного инструмента).

11. Фторопластовый порошок — 66—95; легкоплавкое (боросвинцовое) стекло — 5—35. (Связка для алмазного порошка при изготовлении абразивных инструментов для обработки полупроводников).

12. Абразивное зерно — 47—68; стиракрил (связка) — 30—50. (Масса для изготовления инструмента для виброшлифования и виброполирования.)

2.2. МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ И МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ СВЯЗКИ

Металлическая связка зерен в абразивных инструментах получает все более широкое распространение в промышленности благодаря существенным достоинствам. Технология изготовления инструмента упрощается, так как трудоемкие операции формования, прессования, обжига и т. д. заменяются гальваническим осаждением абразивонесущего слоя либо отливкой инструмента из металлических сплавов, содержащих взвешенный абразив. Круги на металлической связке — основной инструмент при операциях электроабразивной и электроалмазной обработки благодаря высокой токопроводности. Изготовление абразивного инструмента на металлической связке в условиях неспециализированного промышленного предприятия значительно проще, чем изготовление кругов на керамических обжиговых связках.

Составы металлических связок (% вес.). 1. Для инструмента, работающего без охлаждения. Медь — 20—35; алюминий — 20—35; цинк — 15—20; кремний — 3—5; карбид бора — 15—35.

При изготовлении инструмента производится дозировка порошков составных частей в указанном соотношении, а затем их смешивание в течение 25 ч в механических смесителях. Формование, спекание и горячая допрессовка алмазного слоя производится методом порошковой металлургии.

Формование производится при удельном давлении, равном 2,5 г/см², спекание — при 580—600° С и выдержке на указанной температуре 30 мин, горячая допрессовка — при удельном давлении 0,5 г/см².

Крепление алмазного слоя на основу производится общеизвестными методами.

2. С целью повышения твердости режущего слоя алмазного инструмента и понижения склонности к адгезионному схватыванию с обрабатываемым материалом рекомендуется металлическая связка следующего состава. Медь — 28—46; кремний — 3—12; марганец — 0,1—2,5; магний — 0,5; никель — 0,1—3; карбидообразующий элемент (Cr, Ti, Zr) — 0,1—2; алюминий—остальное.

Сплав отличается высокими физико-механическими и технологическими свойствами. Он сохраняет высокую твердость при температуре 250—300° С, в то время как известные сплавы имеют те же значения твердости при температуре 100—150° С.

При введении в сплав смоченных дисперсных частиц твердых смазок, например графита, дисульфида молибдена, в количестве от 10 до 60% объема металлической составляющей достигается дополнительное повышение антифрикционных свойств и уменьшение адгезионных процессов при шлифовании без снижения механических свойств режущего слоя и его износостойкости.

Небольшая разница удельных весов сплава и зерна дает возможность отливать дисперсные сплавы с алмазом или абразивом в литейные формы без расслоения дисперсного слоя и ликвидации зерен по удельному весу.

Сплав отличается высокой прочностью закрепления зерен алмаза металлической основой, степень упрочнения сплава повышается при увеличении концентрации и дисперсности включений.

Испытания алмазных кругов типа АЧК 150Х10Х3 с алмазами АСВ12 на основе предлагаемого сплава при обработке твердых сплавов вместе со сталью показали, что инструмент работает стабильно без засаливания при скорости 20—30 м/с, продольной подаче 1—2 м/мин и глубине шлифования 0,02—0,06 мм/ход при сравнительно невысоком удельном расходе алмазов.

3. Связка, способствующая повышению режущей способности алмазного инструмента при обработке твердых горных пород. Медь — 30—40; кобальт — 4—12; хром — 2—7; кроме того, карбид вольфрама — 40—60; нитрид циркония — 2—7.

4. Связка для алмазного профильного инструмента, позволяющая изготовлять его способом пластической деформации твердосплавными профильными роликами, обеспечивая высокую чистоту обрабатываемой поверхности. Состоит из следующих составных частей (% вес.). Медь—77—80; цинк—14—18; окись железа — 3—4,5; мелкодисперсная двуокись кремния — 0,5—1.

Таблица 12.2

АБРАЗИВНАЯ МАССА НА СВЯЗКЕ И СИНТЕТИЧЕСКОМ АЛМАЗЕ (% ВЕС.)

Медь	30	35
Кобальт	4	4
Хром	3	6
Карбид вольфрама	60	50
Нитрид циркония	3	5
Алмаз сверх 100%	6,25	6,25

Повышение износостойкости алмазного инструмента на металлической связке из алюминия и легирующих элементов достигается тем, что в связку на основе алюминия введен гидрид алюминия AlH_3 в количестве 40—100% веса алмазного порошка.

В процессе спекания связки методом порошковой металлургии в защитной или восстановительной атмосфере гидрид алюминия при 100° С разлагается с выделением водорода и образованием чистого, без окисной пленки (Al_2O_3), алюминия, который, находясь в расплавленном состоянии, смачивает поверхность алмаза.

5. Связка для алмазных хонинговальных брусков. Основа: кобальт — 42—65; медь — 45—28,5; олово — 10—6; хром — 3—0,5. Добавки, повышающие износостойкость: пятиокись ванадия — 1—1,5, или сернистое железо — 1—1,5, или трехсернистый молибден — 1—3% (все — к весу связки). Добавки, улучшающие смачиваемость алмаза: титан — 0,5—1 или кремний — 0,5—1,0.

Связка обеспечивает повышение производительности и сокращение расхода алмазов.

6. Науглероженная стальная связка для алмазных зерен. Алмазный порошок закрепляют электролитически осаждаемым железом, затем инструмент науглероживают в твердом карбюризаторе при 830° С 1 ч с последующей закалкой в воде и отпуском при 180—200° С 30 мин. Рекомендуется для инструментов при резке особо твердых материалов (алмаз, рубин, сапфир).

7. Связка для алмазного инструмента тип МС-15. Кобальт — 85—94; металл из групп кадмия, алюминия — 6—12; сульфид металла из групп железа, кобальта, никеля (FeS, NiS, CoS) — 0,5—10.

Инструмент обладает повышенной стойкостью при обработке искусственных строительных материалов.

8. Связка, повышающая износостойкость алмазного инструмента. Борный ангидрид— 4—8; карбид бора — 6—12; медь — 25—35; олово — 19—22; цинк — 25—35. Связка спекается при пониженной температуре и улучшает режущую способность инструмента.

9. Гальваническое закрепление алмазных зерен. Дисперсные (500 мкм) частицы абразивных (алмазных, боразоновых и т. д.) порошков поддерживают во взвешенном состоянии в среде электролита в процессе гальванического осаждения металла из этого электролита. На поверхности металлической заготовки — катода образуется абразивонесущий слой на металлической связке.

10. Доводочный металлокерамический материал (% вес.). Железный порошок — 70—80; медный порошок — 15—20; оловянный порошок — 1—3; абразив М7 или М14 — 2—5; глицерин технический — 1—2. Массу перемешивают в смесителе 8—10 ч, затем прессуют изделия, сушат 2—3 ч при 200° С и спекают в нейтральной или защитной атмосфере при 1050—1075° С. После равномерного прогрева охлаждают вместе с печью до 100—150° С.

11. Алюминий—6—15; кремний — 0,5—5; марганец — 0,3—3; медь — остальное; никель — 0,3—3; олово — 0,1—3; титан — 0,1—1,5; фосфор — 0,05—0,2. (Вместо титана можно применять другие карбидообразующие элементы — хром, цирконий, ванадий.)

12. Sn—15—17; Al—8—10; Zn—4—5; Si—0,7—1; Mg—0,1—0,15; Ti—0,05—0,1; Cu—основа. (Повышенные физико-механические свойства)

13. Cu—71—75; Sn—14—16; Al—10,5—12,5; Mn—0,08—0,25; Ti—0,1—0,3. Повышенная износостойкость инструмента при чистовом хонинговании.

14. Cu—5—54; Al_2O_3 (<3 мкм) —3—10; Co—15—8; WO_3 или Mo_2O_3—0,1—6; Al или Zn—до 100%. (Повышенная режущая способность и износостойкость.)

2.3. МИНЕРАЛЬНЫЕ (КЕРАМИЧЕСКИЕ) СВЯЗКИ

В качестве связующих для закрепления абразивных зерен и придания инструменту требуемых прочностных свойств также широко используются различные композиции неорганического характера. Их можно раз-

делить на две группы: 1 — массы, химически твердеющие без обжига; 2 — массы, приобретающие необходимые свойства после обжига.

В практике преимущественно используется связка второго типа — в виде керамических обжигаемых масс. Безобжиговые массы, хотя они значительно менее трудоемки при изготовлении, применяются редко, так как не обеспечивают требуемой прочности и надежности инструмента.

К минеральным относятся и все разновидности связок на основе стекол, ситаллов, горных пород и тому подобных материалов, попытки применения которых делались многократно.

Безобжиговые связки (% вес.). 1. Медьфосфатная связка для алмазоносного слоя. Алмаз — 2—4; окись меди — 25—35; фосфорная кислота — остальное.

Смесь алмазного порошка и окиси меди перемешивают с фосфорной кислотой, затем тонким слоем наносят на рабочую поверхность керамического абразивного инструмента и сушат до удаления влаги. Рекомендуется для профильных доводочных брусков, хонинговальных брусков, кругов для профильного шлифования.

2. Асбест — 20,0—05; связующее ПБ — 10,0—1,0; слюда — 30,0—70,0; фосфорная кислота — 40,0—28,5.

Связка характеризуется повышенной адгезией к абразивным зернам и повышает производительность шлифования.

3. Масса для заливки отверстий в шлифовальных кругах. Вентиляционная угольная пыль — 12—15; керамическая связка — 12—15; сера — 70—75. Состав керамической связки: каолин — 34; полевой шпат — 56; тальк — 10.

4. Керамическая связка абразивного инструмента из SiC (вес. ч.): Al_2O_3—17—22; MgO—0,68—0,73; (K_2O+Na_2O)—5—7; B_2O_3—2,8—4; SiO_2—до 100%. Исходные компоненты: глина, полевой шпат. (Связка повышенной реакционной способности).

Стеклосвязки для абразивного инструмента, имеющие в сплавленном виде состав, приведенный в табл. 12.3, готовятся из исходных компонентов, перечисленных в табл. 12.4, путем их смешения в шаровой мельнице, сплавления при 1170—1200° С в течение 30—45 мин и грануляции в воде.

5. Стеклянная связка, снижающая удельный расход алмаза. Свинцово-боратное стекло — 50—80; синтетическая слюда — фторфлогопит — 48—12; элемент шестой группы периодической системы, например хром, — 2—8.

Таблица 12.3

СОСТАВЫ СТЕКЛЯННЫХ СВЯЗОК

№ стеклосвязки	Компоненты								
	ZnO	B_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Mn_2O_3	PbO	V_2O_5	P_2O_5
1	65	23	9,8	2,0	0,1	0,1	—	—	—
2	55	25	4,9	0,1	10,0	5,0	—	—	—
3	55	15	5	1	0,6	0,4	15	5	3

Таблица 12.4

СОСТАВЫ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТЕКЛЯННЫХ СВЯЗОК

Компоненты	№ состава		
	1	2	3
Сухие цинковые белила	65	55	55
Борная кислота	40,9	44,5	26,7
Кремнекислота (водная)	12,5	6,4	6,4
Гидроокись алюминия	3,1	0,2	1,5
Окись железа	0,1	10	0,6
Двуокись марганца	0,1	5,5	0,4
Свинцовый сурик	—	—	15,3
Ванадиевокислый аммоний	—	—	8,0
Однозамещенный фосфорнокислый аммоний	—	—	7,0

3. СОСТАВЫ РАСТВОРОВ ДЛЯ ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Термин «химико-механическая обработка» объединяет группу технологических операций, механизм которых различен, но приемы проведения одинаковы. Они состоят в том, что обрабатываемая поверхность подвергается одновременно химическому и механическому воздействию, суммарное влияние которых приводит к интенсификации процесса.

Соответственно в процессе механической обработки поверхность должна обязательно находиться в контакте с раствором того или иного химического вещества, вступающего с ней в химическую реакцию (например, соли меди при обработке стали), либо адсорбирующегося на поверхности облегчающего деформацию металла (поверхностно-активные вещества).

В некоторых случаях подобное действие совпадает с действием смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), рассмотренных в гл. IV.

1. (% вес.). Раствор для вибрационного шлифования и снятия заусенцев. Сода кальцинированная — 2—5; вода — 98—95.

2. (% вес.). Раствор для вибрационного полирования нержавеющих сталей. Едкий натр — 3; вода — 97.

3. Раствор для химико-механического шлифования и доводки твердых сплавов. Сернокислая медь кристаллическая — 250; вода — 1000 мл. Применяется с абразивным зерном в суспензии: зерно — электролит 1 : 1.

4. Состав для шлифования отверстий в фильерах из твердых сплавов. 20%-ный раствор сернокислой меди — 100 мл; микропорошок М-20 — 100 г; крахмал — 10 г.

Химически активные пасты для химико-механического шлифования и доводки (пасты ГОИ). (% вес.).

	5 Грубая	6 Средняя	7 Тонкая
Окись хрома	82	76	74
Силикагель	3	2	1,8
Стеарин	12	18	20
Олеиновая кислота	1	2	2
Натрий двууглекислый	—	—	0,2
Керосин	2	2	2

Окись хрома марок ОХ-Э и ОХ (ГОСТ 2912-56) прокалить: для пасты (5) — при 1500—1600° С 8 ч; для пасты (6) — 1200—1300° С 12 ч; для пасты (7) — 1000—1100° С 15 ч.

Составы для вибрационной обработки горячештампованных деталей под хромирование (г/л). 8. Черновое виброшлифование: рабочие тела—бой кругов твердости ВТ-ЧТ, зерно 16—25, гранулы — 25—40 мм; состав среды: едкое кали — 20; ПАВ некаль — 1; олеиновая кислота — 1; сода кальцинированная — 20; хромовый ангидрид — 2.

9. Чистовое виброшлифование: рабочие тела — бой кругов твердости ВТ, зерно 6, гранулы 15—25 мм; состав среды: калия бихромат — 2; сода кальцинированная — 30; триэтаноламин — 10; эмульгатор ОП-7 — 4.

10. Виброполирование — та же среда, но с фарфоровыми шарами Ø 12—16 мм или минералокерамикой ЦИ-332, гранулы — 10—25 мм. Оптимальные режимы: грубое виброшлифование $n=1750$ колеб./мин; $A=3$ мм; чистовое виброшлифование $n=2050$ колеб./мин; $A=1{,}3$ мм; виброполирование $n=2550$ колеб./мин; $A=0{,}8$ мм.

11. Состав среды для виброполирования отливок из сплавов цинка:

	А	Б
Натрия бисульфат	10—40	5
Натрия бихромат	15	5

(А) — с керамическими полирующими телами; (Б) — с пластмассовыми.

12. Состав для гидроабразивной обработки сопл распылителей. Абразивный порошок (14—28 мкм) — 3—5; дизельное масло — до 100; дизельное топливо — 40—60.

13. Виброшлифование и полирование стальных деталей углеродистой стали. Шлифование с ▽ 5—▽6 до ▽ 7—▽8: среда — абразивная крошка (бой кругов) 8СТВ Э16СТВ — 15—35 мм; состав среды: сода кальцинированная — 5—7%-ный раствор.

Полирование с ▽ 7—▽ 8 до ▽ 8В—▽ 9: стальные шарики ШХ-15 Ø 10—14 мм; состав среды: сода кальцинированная — 5—7%-ный раствор.

14. Виброшлифование и полирование деталей из нержавеющей стали (2Х13, 3Х13, Х18Н9Т и аналогичных). Предварительное шлифование: материал — абразивная крошка Ж516ТК; зерно — 15—30 мм; амплитуда — 3,5 мм; частота — 2000 колеб./мин; длительность — 3—5 ч. Чистовое шлифование (▽8ᵃ—▽8ᵇ): абразивная крошка Э810СТВ; зерно — 15—30 мм; среда — 5%-ный раствор NaOH. Полирование: материал — шарики нержавеющей стали Ø 8—10 мм; среда — 3%-ный раствор NaOH.

Индексы МКИ, которыми сведения гл. XII классифицируются в патентной литературе:

B 24*a* Шлифование или полирование
B 24*b* Способы и устройства для шлифования и полирования
1/00 Операции совместного шлифования, полирования и окончательной отделки
Группы 1/00—57/00
B 24*c* Пескоструйная обработка
11/00 Выбор абразивных материалов
B 24*d* Инструменты для шлифования, полирования или заточки
3/00 Физические свойства абразивных тел или листов; абразивные тела или листы, отличающиеся по своей структуре
3/02 отличающиеся применением связующих веществ
3/04 неорганических
3/06 металлов
3/20 органических
3/34 отличающиеся применением присадок с особыми физическими свойствами
5/00 Абразивные круги
C 09*g* Полировальные составы
1/00 Полировальные составы
1/02 содержащие абразивные или измельчающие агенты
1/04 водные дисперсии
1/06 прочие полировальные составы
1/08 на основе воска
1/10 на основе смесей воска и природных или синтетических смол
1/14 на основе невосковых веществ
1/16 на основе природных или синтетических смол
1/18 на основе прочих веществ
C 10*m* Составы смазочных материалов: использование химических веществ в качестве смазочных материалов или в качестве компонентов смазочных составов
1/00, 3/00 жидкие составы
5/00, 7/00 твердые или полутвердые составы

Индексы УДК, которыми сведения главы XII классифицируются в печатных изданиях:

621.92 Шлифование и подобные процессы
621.921 Абразивы. Шлифующие и полирующие материалы
621.922 Абразивные (шлифовальные) инструменты
621.922.02 Шлифовальные (абразивные) и полировальные круги. Типы, производство и восстановление
621.923 Шлифование. Полирование и подобные процессы. Методы (технология) и оборудование
621.923.4 Чистовое, окончательное, отделочное шлифование
621.923.5 Хонингование
621.923.7 Полирование. Притирка
621.924 Шлифовальные и полировальные станки
Пескоструйная обработка

ГЛАВА XIII

СОСТАВЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ, МОЙКИ, ОБЕЗЖИРИВАНИЯ И ТРАВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В данной главе собраны рецепты составов, применяемых во всех без исключения отраслях промышленности при выполнении мойки, очистки, обезжиривания, травления.

Все эти процессы имеют конечной целью удаление с поверхности деталей и изделий загрязнений различной природы, присутствие которых по тем или иным соображениям нежелательно или недопустимо. Описанию этих процессов посвящена обширная специальная литература, и рассмотрение их существа в нашу задачу не входит. Необходимо лишь обратить внимание читателя на то обстоятельство, что классификационное разделение, принятое в дальнейшем изложении и часто встречающееся во многих вариантах в других источниках, носит весьма условный характер, так как нельзя провести резкую границу между очисткой, мойкой, обезжириванием, травлением и другими способами удаления посторонних веществ с очищаемой поверхности. Однако для удобства рассмотрения мы делим все способы (и составы), о которых идет речь, на следующие четыре группы:

1. Мойка (моющая очистка) — удаление значительных количеств механически удерживающихся загрязнений (жиров, масел, пыли, стружки, песка и т. п.) в качестве предварительной (перед обезжириванием) операции или в качестве окончательной при отсутствии жестких требований к степени очистки.

2. Очистка протиранием — механическая или химико-механическая — удаление относительно небольших загрязнений и окисных пленок без разрыхления поверхности.

3. Обезжиривание (химическое и электрохимическое) — удаление небольших количеств механически удерживающихся загрязнений (в основном масляных и жировых пленок) преимущественно в качестве подготовки к последующим операциям (например, нанесению покрытий).

4. Травление (химическое и электрохимическое) — удаление прочно сцепленных пленок различного состава (в основном окислов), ржавчины, окалины, продуктов коррозии, измененных слоев и т. п., обычно как предварительная (черновое травление) или заключительная (декапирование) операция иногда применяется для активирования поверхности.

Число применяемых для этой цели составов весьма велико, и здесь представлена лишь некоторая практически проверенная их часть.

Раздел первый

Составы для мойки, очистки, обезжиривания и травления поверхности металлических изделий

Все процессы очистки металлических поверхностей проводятся, в соответствии с принятым способом, либо воздействием жидких сред (неводных растворителей, водных растворов, расплавов) на загрязненную поверхность, либо механическим или химико-механическим воздействием (протиранием) в отсутствие жидкости (порошки) или в ее присутствии (пасты). Применяемая в практике очистка в парах растворителя, конденсирующихся на очищаемой поверхности, по существу также является очисткой в жидкой среде.

Очистка в жидких средах. Составы, входящие в данную группу, хотя и весьма многочисленны, но могут быть укрупненно разделены на две подгруппы: I — водные составы; II — неводные составы (органические растворители, эмульсионные составы, расплавы).

Водные растворы, используемые для очистки и обезжиривания, дешевы и удобны в обращении, хотя требуют некоторых мер для предотвращения возможной коррозии очищаемых металлических деталей после очистки. Растворы этой группы, применяемые для удаления загрязнений вместе с тонким слоем материала очищаемой поверхности (травильные растворы), тоже дешевы, но менее удобны, небезопасны в обращении и также требуют мер предотвращения коррозии.

Относящиеся ко второй группе составов органические растворители обладают высокой очищающей способностью и практически не оказывают коррозионного воздействия на поверхность очищаемого металла, но дороги и часто неудобны в обращении (токсичны, огнеопасны, недолговечны). Составы, применяемые в форме расплавов, нагретых до повышенной температуры, обладают высокой очищающей способностью,

но опасны в обращении и нетехнологичны. Их применение рационально лишь в отдельных случаях.

Эмульсионные составы сочетают в себе основные достоинства первой и второй групп и более свободны от их недостатков, благодаря чему получают все более заметное распространение в промышленности.

При рассмотрении конкретных составов следует заметить, что режим их применения (концентрация раствора, температура, длительность обработки и т. д.) зависит от характера выбранного состава, степени и вида загрязненности, типа оборудования, специальных требований и масштабов производства.

Показатели режимов устанавливаются в каждом конкретном случае исходя из существующих технологических нормативов и опыта и должны учитывать требования местных инструкций.

Приводимые в этой главе составы могут рассматриваться как близкие к типовым.

Во избежание ошибок необходимо также напомнить, что во всех рецептах сухих составов (без учета воды) количество компонентов (в %) относится к сухой массе, а при растворении в воде концентрация каждого компонента будет соответственно значительно ниже.

Водные составы — это наиболее широко применяемая на практике группа составов. Соответственно роду растворенных компонентов водные растворы могут выполнять различные функции — смывать загрязнения, обезжиривать поверхность, травить и т. д. Составы различных водных растворов приводятся ниже.

1. ВОДНЫЕ МОЮЩИЕ И ОБЕЗЖИРИВАЮЩИЕ РАСТВОРЫ

Водные растворы дешевы, практически безопасны в обращении, технологичны, но требуют принятия мер для защиты очищенной поверхности от возможной последующей коррозии. Формы их использования различны — погружение, распыление (разбрызгивание); химическая очистка (без пропускания тока) и электролитическая очистка (с пропусканием тока) в холодном, теплом и кипящем растворе; в стационарных ваннах, моечных камерах, специализированных установках; с наложением низко-, средне- и высокочастотных (ультразвуковых) колебаний и т. д.

Основные вещества, наиболее часто используемые в моющих и обезжиривающих растворах, приведены в конце книги. Особую роль среди других компонентов очищающих растворов играют ПАВ — поверхностно-активные вещества.

Понижая поверхностное и межфазное натяжение, улучшая смачивание поверхностей, оказывая диспергирующее (расклинивающее) действие на твердые загрязнения и эмульгирующее — на жидкие, играя роль пенообразователей и выполняя еще ряд технологически важных функций, ПАВ стали неотъемлемым компонентом большинства современных моющих, очищающих, обезжиривающих и травящих составов. Оптимальное содержание ПАВ в этих составах зависит от химической природы ПАВ и состава, режима использования, характера загрязнений и ряда других факторов.

Практически для оптимального смачивания достаточно 2—6 г/л, для достижения высокого моющего эффекта — 4—8 г/л. Для полного адсорбционного насыщения очищаемой поверхности достаточно 2,5—7 мг ПАВ на 1 м^2 поверхности.

Температурные интервалы рационального применения ПАВ и их композиций различны. Для ОП-7 — это 60—75° С; для сульфонолов и ДС-РАС — 75—85° С; для деталина — 70—80° С.

1.1. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Составы этой группы содержат в основном растворы щелочей невысокой концентрации и растворы щелочных солей, а также иногда ПАВ и пассивирующие добавки.

Повышение концентрации активных компонентов (едкой щелочи) ограничивается химическим воздействием ее на многие из очищаемых металлов (особенно алюминий и его сплавы, свинец, цинк). Некоторые универсальные составы приводятся ниже (г/л).

1. Обезжиривание черных и цветных металлов перед гальванопокрытиями. Жидкое стекло — 3—10; едкий натр (или кали) — 20—30; тринатрийфосфат (или сода кальцинированная) — 25—30. t=70—90° С; τ= = 10—30 мин.

2. Очистка чугуна, нержавеющих сталей, латуней, меди: ОП-7 или ОП-10 — 2—3; тринатрийфосфат — 15. t = 60—80° С; τ= = 15 мин.

3. Очистка чугуна, стали, нержавеющей стали, латуни, меди, алюминия. Жидкое стекло — 20; ОП-7 или ОП-10 — 2—3. t = =60—80° С; τ=15 мин.

4. Одновременная мойка стальных и латунных деталей в моечных машинах. Метасиликат натрия — 2,5—3; нитрит натрия — 0,8—1,0; тринатрийфосфат — 3—4; эмульсол Э2 — 5—6. t=50—60° С; τ = 1—3 мин.

1.2. СОСТАВЫ ДЛЯ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Соответственно химической инертности черных металлов и сплавов в растворах щелочей концентрация последних в составах для очистки может быть значительно повышена, а процесс может производиться при повышенной температуре, что и определяет направление подбора очищающих составов.

Ниже приводятся составы, расположенные в порядке возрастания их сложности (г/л).

1. Обезжиривание стали и чугуна разбрызгиванием. Жидкое стекло — 10—12; тринатрийфосфат — 3—10. Состав не пенится.

2. Химическое обезжиривание стальных и чугунных деталей. Едкий натр — 80—100; контакт Петрова — 40—50; тринатрийфосфат — 30—40.

	3	4	5
Едкий натр	100—150	30—50	—
Жидкое стекло	5—10	2—3	—
Кальцинированная сода	30—50	20—30	35—40
Тринатрийфосфат	—	20—30	40—45

6. Едкий натр — 20—30; жидкое стекло — 5—8; ОП-7 или ОП-10 — 20—30; тринатрийфосфат — 70—80.

7. Удаление небольших или умеренных загрязнений со стали или чугуна. Едкий натр — 20—30; жидкое стекло — 3—5; тринатрийфосфат — 30—50. t=80—90° С; τ = =10—40 мин.

8. Удаление значительных загрязнений со стали и чугуна. Едкий натр — 40—50; жидкое стекло — 5—15; кальцинированная сода — 80—100. t=80—90° С; τ=15—60 мин.

9. Очистка стальных деталей, слабо загрязненных жирами. Жидкое стекло — 2—3; едкий натр — 10—15; ОП-7 или ОП-10 — 3—5; сода кальцинированная — 30—40; тринатрийфосфат — 50—70. t = 65—85° С; τ= =10—60 мин.

10. Сода кальцинированная — 20; тринатрийфосфат — 10.

11. Струйная очистка деталей машин. Метасиликат натрия — 5; едкий натр — 25; сода кальцинированная — 25; тринатрийфосфат — 15. t=70—80° С; τ=20—60 мин.

12. Струйная очистка деталей машин. Метасиликат натрия — 3—4; ОП-7 — 3—4; сода кальцинированная — 20; тринатрийфосфат — 10. t=65—75° С; τ=12—25 мин.

13. Мойка погружением с перемешиванием. «Деталин» (триалон) — 10; ОП-7—3—4. t=60—70° С; τ=20—30 мин.

14. Обезжиривание стали и чугуна (концентрат — г/л). Жидкое стекло — 500; едкий натр — 200; ОП-7 или ОП-10 — 30; тринатрийфосфат — 280. Для работы концентрат разбавлять водой 1 : 10—1 : 30.

15, Обезжиривание стали. Жидкое стекло — 35; ОП-7 или ОП-10 — 2; тринатрийфосфат — 15.

Очистка сильно загрязненных стальных деталей (% вес.).

16. Состав МЛ-2. Метасиликат натрия — 30; смачиватель ДБ — 1; сода кальцинированная — 60; сульфонол НП-1 — 9. Концентрация до 1% при струйной промывке и до 5% в ваннах; t = 70—90° С. Пригоден для очистки любых металлов и сплавов, в том числе алюминиевых. Не раздражает кожу рук. Промывка после очистки в 1%-ном растворе бихромата калия.

17. Состав МЛ-51. Метасиликат натрия — 20; смачиватель ДБ — 1,5; сода кальцинированная — 44; триполифосфат натрия — 34,5. Применяется в концентрациях 2—3% в воде.

18. Состав типа «Тракторин». Вода (в составе ДС-РАС) — до 100%; ДС-РАС (на активное вещество) — 1—1,5; сода кальцинированная — 25—30; тринатрийфосфат — 10—12.

19. Состав типа «Тракторин». Двойная соль метасиликата натрия и калия — 45—65; оксифос (ПАВ)—3—10; сода кальцинированная — 0—39; триполифосфат натрия — 6—25.

Составы для мойки, расконсервации и межоперационного обезжиривания деталей и узлов.

А — «Тракторин», Б — «Тракторин П». Применяются в водных растворах.

20. Состав «Деталин» (триалон). Вода — до 100; метасиликат натрия — 5; сода кальцинированная — 8; сульфонол—10; триполифосфат натрия — 12. Применяется в концентрациях 0,5—1,5% в воде.

21. Очистка от остатков горюче-смазочных веществ. Алкиларилсульфонат (C_8—C_{12}) — 1—1,5; метасиликат натрия—45—65; сода кальцинированная — 23—35; тринатрийфосфат — 8.

22. Состав МЛ-52 для очистки от горюче-смазочных веществ и нагара. (В скобках — состав торгового продукта). Сухой метасиликат натрия (М = 2,6—3,0) — 10—8 (10); смачиватель ДБ — 6—9 (8,2); сода кальцинированная — 48—52 (50); сульфонол ДС-РАС — 3,1 (1,8); триполифосфат — 33—30 (30).

Применяется в виде водных растворов 1,5—3% вес. при 60—95° С при струйной и ультразвуковой очистке.

Составы для очистки перед окраской или фосфатированием (% вес.). 23. Алкамон ОС-2—2,0; ОП-10—6; сода кальцинированная — 22,4; сульфонол — 3; тринатрийфосфат — 16,6; триполифосфат натрия — 50. Пенообразование снижено. Маслоемкость повышена до 50 г/л. Рекомендуется струйная очистка при 60° С и 1,5 атм.

24. Алкиларилсульфонат — 1—1,5; метасиликат натрия — 45—65; сода кальцинированная — 25—35; тринатрийфосфат — 8—15.

25. Жидкое стекло — 31; натрий углекислый — 60; сульфонол НП-1 — 3; сульфонол НП-5 — 6.

26. Жидкое стекло — 70; тринатрийфосфат — 20; триполифосфат натрия — 10.

Составы для удаления со стали явных пленок минеральных масел. 27. ОП-7 или ОП-10 — 0,5; тринатрийфосфат — 5. t=70° С; перемешивание воздухом. τ — до нескольких минут.

28. Жидкое стекло (ρ=1,5 г/см^3) — 15; ОП-7 ли ОП-10 — 1,0. t=70° С, перемешивание воздухом; τ — от нескольких секунд до нескольких минут.

29. Натрий углекислый — 10; ОП-7 или ОП-10 — 2. t=70° С; перемешивание воздухом; τ — до нескольких минут.

30. Очистка сильно загрязненных деталей от масел и паст (г/л). Натрий углекислый — 50; сульфонол НП-1 — 50. t=70—90° С; τ=5—15 мин.

31. Очистка в моечных машинах душевого типа после механической обработки стальных деталей (г/л). Нитрит натрия — 2—3; ОП-7 — 1; сода кальцинированная — 8—10. (Состав пассивирует очищаемую по-

верхность. Повышение содержания ОП-7 вызывает пенообразование.)

32. Мойка погружением с перемешиванием для очистки стали (г/л). Сода кальцинированная — 10; сульфонол 100%-ный — 4; тринатрийфосфат — 20. t=75—85° С; τ= = 6—25 мин.

33. Очистка стальных деталей, сильно загрязненных жирами. Жидкое стекло — 3—5; едкий натр — 100—150; ОП-7 или ОП-10 — 5—7; сода кальцинированная — 40—50. t=65—85° С; τ=10—60 мин.

34. Очистка технологического оборудования от животного масла (г/л). Едкий натр — 15—20; сульфаминовая кислота — 3—4.

Промывка 2 ч при 65—70° С, ополаскивание теплой водой до нейтральной реакции.

35. Очистка металлических изделий (г/л). Жидкое стекло — 20—40; сульфитно-спиртовая барда — 5—40.

1.3. СОСТАВЫ ДЛЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Подбор сочетаний компонентов в составах этой группы определяется в основном степенью их химической агрессивности к очищаемым металлам. Соответственно ограничивается содержание свободной щелочи и увеличивается содержание солей.

Ниже приводятся некоторые составы этой группы (г/л).

1. Обезжиривание цветных и легких металлов и сплавов (концентрат в г). Жидкое стекло — 600; ОП-7 или ОП-10 — 20; сода кальцинированная—200; тринатрийфосфат—180. Для цветных металлов применять 5—8%-ный водный раствор концентрата; для легких — 2—4%-ный.

2. Обезжиривание цинка, алюминия и их сплавов перед гальванопокрытиями. Жидкое стекло — 30; натрий углекислый — 50; тринатрийфосфат — 50. t=60—70° С; τ = 15 мин.

3. Обезжиривание цветных и легких металлов. Жидкое стекло — 26; сода кальцинированная — 4; тринатрийфосфат — 8.

4. Очистка нержавеющей стали, меди, латуни. Жидкое стекло — 2—3; ОП-7 или ОП-10 — 2—3; едкий натр — 20; тринатрийфосфат — 15. t = 60—80° С; τ=5—15 мин.

5. Очистка поверхности цветных металлов без окисления. Натрий виннокислый — 2—4; натрий муравьинокислый — 0,5—3; натрий щавелевокислый — 3—5; синтанол ДС-10 — 1,5—3. pH = 6,0—6,6; t=60—70° С; τ=10—15 мин, лучше с наложением ультразвука 20—80 кГц. (Рекомендуется для меди, константана, ковара, молибдена, никеля, титана, тантала, ниобия, нержавеющей стали и др.)

Очистка меди и ее сплавов (г/л). 1. Жидкое стекло — 10—20; тринатрийфосфат — 100. t=65—85° С; τ=10—60 мин.

2. Едкий натр — 35; ОП-7 или ОП-10 — 6; сода кальцинированная — 62; тринатрийфосфат — 14.

3. Едкий натр — 40—50; кальцинированная сода — 40—50; контакт Петрова — 15—20; тринатрийфосфат — 30—40.

4. Жидкое стекло — 5—10; кальцинированная сода — 20—25; ОП-7 или ОП-10 — 5—10; тринатрийфосфат — 30—35.

5. Жидкое стекло — 10—15; тринатрийфосфат — 80—100.

6. Тринатрийфосфат — 80—100. t = =80—90° С; τ=10—40 мин.

7. Обезжиривание латуни перед пайкой: сульфонол — 1—2; тринатрийфосфат — 30—40. t=70—80° С; τ = 3 мин. Промывка горячей водой, затем травление.

8. Обезжиривание фольгированных медью печатных плат. Натрий углекислый — 100; некаль (10%-ный), мл/л, — 5; тринатрийфосфат — 100. Обработка ведется вращающимися (800—1200 об/мин) абразивными кругами на поропластовой основе при движении платы со скоростью 12—15 м/мин.

О ч и с т к а а л ю м и н и я и е г о с п л а в о в (г/л). 1. Обезжиривание сплавов типа АК-4. Едкий натр — 10—20; жидкое стекло (ρ=1,4) — 20—30; тринатрийфосфат — 30—50. t=60—70° С; τ=3—5 мин. Промывка холодной и горячей водой.

2. Жидкое стекло — 25—30; едкий натр — 10—12; ОП-7 или ОП-10 — 2—5; тринатрийфосфат — 30—50. t = 65—85° С; τ=10—60 мин.

О ч и с т к а о т с и л ь н ы х ж и р о в ы х з а г р я з н е н и й. 3. Кальцинированная сода — 25—30; контакт Петрова — 10—15; тринатрийфосфат — 25—30.

4. Кальцинированная сода — 20—25; ОП-7 или ОП-10 — 5—10; тринатрийфосфат — 20—25.

5. Едкий натр — 3—5; жидкое стекло — 20—30; кальцинированная сода — 40—50; тринатрийфосфат — 2.

6. Жидкое стекло — 25—50; кальцинированная сода — 5—10; ОП-7 или ОП-10 — 1—3; тринатрийфосфат — 5—10.

7. Очистка полированного алюминия. Силикат натрия сухой — 60; сода кальцинированная — 7—9; сульфонол — 7—10; тринатрийфосфат — 10—13; триполифосфат натрия — 10—12. Можно добавить 1% натриевой КМЦ.

8. Обезжиривание алюминия с сохранением блеска. Мононатрийфосфат — 10—15; двунатрийфосфат — 10—15; ОП-7 или ОП-10 — 5—10. t=80—100° С; τ=10—15 мин; pH = 5,5—8,5. Состав можно готовить, смешивая фосфорную кислоту (8 г/л) и тринатрийфосфат (15 г/л), корректируя до нужного pH, затем добавить ОП.

9. Очистка полированных алюминиевых изделий. Жидкое стекло — 60; натрий (КМЦ) — 1; натрий углекислый — 7—9; сульфонол НП-1—7—10; тринатрийфосфат — 10—13; триполифосфат натрия — 10—12.

О б е з ж и р и в а н и е ц и н к а (г/л). 1. Очистка перед гальваническим покрытием медь—никель—хром. Жидкое стекло — 20—25; едкий натр — 20—25; сода кальцинированная — 20—25. t=65—75° С; τ=4—7 мин.

2. Очистка перед химическим пассивированием. Жидкое стекло — 30—50; керосин — 30—50; ОП-7 — 2—3; сода кальцинированная — 30—50. t=60—70° С; τ=1 мин.

1.4. УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОЧИСТКА ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Как известно, ввод механических колебаний повышенной частоты (ультразвуковых) в жидкие среды оказывает интенсифицирующее воздействие на протекание различных физико-химических процессов, в том числе и процессов растворения, эмульгирования, диспергирования, нарушения сплошности пленок и т. д., что способствует ускорению очистки погруженных в жидкую среду поверхностей от загрязнений.

Влияние ультразвуковых колебаний в процессах очистки проявляется в том, что скорость очистки повышается, причем концентрация химических веществ в растворе и температура его могут быть снижены против обычных. Причиной является усиление механических воздействий на частицы диспергируемых загрязнений, создаваемых кавитационными пузырьками и колебательными перемещениями жидкости.

Оптимальной, с точки зрения технологичности, наличия оборудования и эффективности очистки, является частота колебаний в диапазоне 20—40 кГц и удельная мощность около 1 Вт/см². Процесс ультразвуковой очистки подробно освещен в литературе и здесь не рассматривается.

Универсальные составы для черных и цветных металлов (г/л). 1. Едкий натр — 5—10; ОП-7 — 3—5; сода кальцинированная — 15—30; тринатрийфосфат — 30—60. t=40—60° С; τ=1—2 мин.

2. Очистка меди, алюминия, цинка. Метасиликат натрия — 10; сода кальцинированная — 4; тринатрийфосфат — 6.

Очистка и обезжиривание черных металлов и сплавов. Очистка от общих жировых и масляных загрязнений. 1. Жидкое стекло — 10—20; ОП-7 или ОП-10—1—3. t=50—80° С; τ=1—2 мин.

2. Калия бихромат — 1—5; едкий натр — 15—20. t=50—60° С; τ=1—2 мин.

3. Метасиликат натрия — 15—30; сода кальцинированная — 18—28; тринатрийфосфат — 5—10.

4. Едкий натр — 20—50; ОП-7 — 3; сода кальцинированная — 10—30; тринатрийфосфат — 30—60.

5. Едкий натр — 10; натрий углекислый — 30; ОП-7 или ОП-10 — 3; тринатрийфосфат — 30. t=25—80° С.

6. Едкий натр — 5—25; ОП-7 или ОП-10 — 3—5; тринатрийфосфат — 30. t= = 55—80° С; τ=1—2 мин.

7. Жидкое стекло — 5—20; ОП-7 или ОП-10 — 3—5; тринатрийфосфат — 20—30. t=40—60° С; τ=1—2 мин.

8. Очистка черных металлов от смолистых и волокнистых веществ (% вес.). Кадмийэтилендиаминовое основание — 25—27; едкий натр — 0,01—0,5. t=45—50° С; τ= =3—4 мин. После очистки промывка водой 55—60° С, пассивирование в нитрите натрия (5 г/л) при 65—70° С и сушка — 75—80° С.

9. Очистка (особенно с ультразвуком) деталей шероховатостью ▽ 10 от пасты и стружки. А — ОП-7 — 5; тринатрийфосфат — 15 или Б — ДС-РАС — 15; «Тракторин» — 20. t=50—60° С; τ = 5—10 мин. Рекомендуются для ультразвуковых конвейерных установок. При обработке стальных деталей к составам (А) и (Б) добавляют 1 г/л нитрита натрия. Промывка латунных деталей водой, а остальных — раствором (г/л): нитрит натрия — 1—2; триэтаноламин — 4—5.

10. Очистка стали и чугуна от сильных загрязнений. Едкий натр — 20—50.

11. Очистка чугунных отливок перед гальванопокрытием. А — сода кальцинированная — 3—5; тринатрийфосфат — 5—10. Б — калия бихромат — 1—2; едкий натр — 5—10. t=40—50° С; τ=5 мин. Ванна типа УЗВ-18м, затем промывка и пассивирование в нитрите натрия (10—20 г/л) при 15—30° С 3—5 мин, или в триэтаноламине (8—10 г/л) при 15—30° С 3—5 мин.

Очистка цветных металлов и сплавов (г/л). 1. Очистка меди, цинка, алюминия и его сплавов. Жидкое стекло — 10; кальцинированная сода — 4; тринатрийфосфат — 6. t=40—60° С; τ=1—2 мин.

2. Калия бихромат — 0,5—0,6; кальцинированная сода — 3—4; ОП-7 — 3—5; тринатрийфосфат — 30—40.

3. Очистка алюминия. Метасиликат натрия — 10; сода кальцинированная — 10.

4. ОП-7 или ОП-10 — 3; тринатрийфосфат — 5.

5. Очистка меди. Метасиликат натрия — 10; сода кальцинированная — 4; тринатрийфосфат — 6.

6. ОП-7 или ОП-10 — 3—5; метасиликат натрия — 5—10; сода кальцинированная — 15—30; тринатрийфосфат — 30—60.

7. Очистка латуни. Калия бихромат — 0,5; ОП-7 или ОП-10 — 3; сода кальцинированная — 3; тринатрийфосфат — 3.

8. Очистка магния. ОП-7 или ОП-10 — 3; сода кальцинированная — 5; тринатрийфосфат — 5.

1.5. ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ЧЕРНЫХ И ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Электролитическая (электрохимическая) очистка проводится в условиях пропускания электрического тока через очищаемую поверхность и прилежащий к ней раствор. Возникающие при этом электрохимические явления (электролиз) в значительной мере интенсифицируют процесс очистки и способствуют повышению качества очистки, особенно в случаях трудноудаляемых загрязнений. Составы для электролитической очистки приводятся ниже.

Обезжиривание черных и цветных металлов (г/л). 1. Едкий натр — 15; натрий углекислый — 30; тринатрийфосфат—55. t= =60—80° С; D=5—7 А/дм²; U = 6—10 В; τ — до 5 мин. Очистка анодно или катодно. Никель, олово, свинец — только катодно и недолго. Для цинка D=3 А/дм².

2. Едкий натр — 15; натрий углекислый — 30; тринатрийфосфат — 55. t=60—80° С; D=5—7 А/дм² (цинк — 3 А/дм²); U=6—10 В; τ — до 5 мин.

Очистка и обезжиривание черных металлов и сплавов (г/л). 3. ГКЖ-94 — 0,01—0,03; жидкое стекло — 5—8; едкий натр — 25—30; натрий углекислый — 20—30; ОП-7 или ОП-10 — 1—2; тринатрийфосфат — 50—60. t = 70—80; D=3—8 А/дм²; U=8—10 В; τ=5 мин. Основное время деталь — катод, кратковременно — анод. Электроды — никель или никелированная сталь.

4. Жидкое стекло — 3—5; едкий натр (или кали) — 10—20; тринатрийфосфат — 25—50. t=70—80° С; D=3—10 А/дм²; $\tau_{кат}$=2—3 мин; $\tau_{ан}$=0,5—1 мин.

5. Жидкое стекло — 3—5; едкий натр (или кали) — 10—20; натрий углекислый — 25—50. t = 70—80° С; D=3—10 А/дм²; τ= =2,5—4 мин (катодно — 2—3 мин, анодно — 0,5—1 мин).

6. ГКЖ-94 — 0,01—0,03; жидкое стекло — 3—5; едкий натр — 40—50; натрий углекислый — 60—70; тринатрийфосфат — 10—15 · t=70—80° С; D=5—10 А/дм²; U = = 8—10 В; τ=5 мин. Основное время деталь — катод, кратковременно—анод. Электроды — никель или никелированная сталь.

7. Едкий натр — 40—50; жидкое стекло— 3—5; кальцинированная сода — 20—40; тринатрийфосфат — 10—20. D=3 А/дм²; U=3—12 В; t=60—85° С; $\tau_{кат}$=4—5 мин; $\tau_{ан}$=0,5—1 мин.

Очистка сильно загрязненных жиром стальных и чугунных деталей (г/л). 8. Едкий натр — 50; кальцинированная сода — 100. D=3—10 А/дм²; t=60—80° С.

9. Едкий натр — 150. То же назначение, что (8). D=3—10 А/дм²; t=60—80° С.

Растворы (8), (9) применимы и для химического обезжиривания с добавками: жидкое стекло — 5—15 г/л или мыло — 3—5 г/л.

10. Натрий углекислый — 25—30; ОП-7 или ОП-10 — 1—3; тринатрийфосфат — 26—35. t=70—80° С; D=3—5 А/дм²; U = 6—12 В.

Ванна взрывобезопасна. ОП-7 можно заменить трилоном Б. Электроды — никель или никелированная сталь.

11. Жидкое стекло — 2—3; кальцинированная сода — 20—30; тринатрийфосфат — 30—50. D=3—8 А/дм²; U = 6—10 В; t= =70—90° С; τ=5—10 мин.

12. Электролитическая очистка стали и чугуна на переменном токе. Едкий натр — 10; кальцинированная сода — 25; ОП-7—1—2; тринатрийфосфат — 25. D=5—10 А/дм²; U=6—12 В; t=70—80° С; τ=0,5—2,0 мин; D=3—10 А/дм²; t=60—80° С.

13. Очистка слабо загрязненных жиром стальных и чугунных деталей. Едкий натр (или кали) — 10—20; жидкое стекло — 23; кальцинированная сода — 50. D = 3—10 А/дм²; t=70—90° С.

14. Едкий натр — 50; кальцинированная сода — 30; тринатрийфосфат — 30. D = 3—10 А/дм²; t=60—80° С.

15. Очистка умеренно загрязненных жиром стальных и чугунных деталей. Едкий натр — 30—60; жидкое стекло — 3—5; кальцинированная сода — 40—60; тринатрийфосфат — 5—10. D = 3—8 А/дм²; U=6—10 В; t=70—90° С; τ=5—10 мин.

16. Электрохимическое обезжиривание чугуна перед никелированием. Жидкое стекло — 5—10; едкий натр — 30—60; тринатрийфосфат — 20—35. t=80—100° С; D= = 3—5 А/дм²; τ=23—30 мин.

17. Обезжиривание нержавеющей стали перед электрополированием. Едкий натр — 15—20; ОП-7 или ОП-10 — 3—4; сода кальцинированная — 20—30; тринатрийфосфат — 20—30. t=60—70° С; D=5—10 А/дм²; τ = =5—10 мин.

18. Обезжиривание стали. Жидкое стекло — 3—5; едкий натр — 40—50; сода кальцинированная — 20—40; тринатрийфосфат — 15—20. t=60—70° С; D=10—20 А/дм²; τ = =5—10 мин.

Электролиты для электрообезжиривания с одновременным меднением стальных деталей. В некоторых случаях, в частности при обезжиривании перед последующим гальваническим меднением или никелированием, целесообразно осадить подслой меди на сталь непосредственно при обезжиривании. Для этого в состав растворов вводятся соответствующие медные соли. Кроме того, по характеру осаждающейся меди можно судить о качестве (полноте) очистки, что в некоторых случаях необходимо.

Приводим несколько составов комбинированных электролитов (г/л). 1. Жидкое стекло — 6; медь цианистая — 12; едкий натр — 50; натрий углекислый — 50; натрий цианистый — 50. t=18—25° С; D=5—15 А/дм²; τ = 1—2 мин.

2. Медь углекислая — 7; калий углекислый — 100; калий цианистый — 15. t = 18—25°С; D=3—5 А/дм²; τ=1—5 мин.

3. Медь, сернокислая — 20, едкий натр — 100; натрий цианистый — 30. t = 18—25° С; D=0,8 А/дм²; τ=8—10 мин.

Очистка и обезжиривание цветных металлов и сплавов. 1. Очистка слабо загрязненных жиром меди и алюминия. Мыло — 10—20; тринатрийфосфат — 10—20. D=3—10 А/дм² (или без тока); t = 60—80° С (медь); t=70—90° С (алюминий.)

2. Очистка слабо загрязненных жиром алюминия и сплавов цинка. Жидкое стекло — 3—5; кальцинированная сода—40—50; тринатрийфосфат — 30—40. D=3—5 А/дм²; U=6—10 В; t=70—90° С; τ=0,5 мин.

3. Очистка цветных металлов, растворимых в щелочах. Едкий натр — 10; жидкое стекло—30; тринатрийфосфат—50—60. D = =3—10 А/дм²; t=60—80° С.

4. Обезжиривание стали, латуней, бронз на переменном токе. Натрий углекислый — 30—35; «Прогресс» — 2—5 мл/л; тринатрийфосфат — 30—35. t = 60—70° С; D=4—10 А/дм²; U=8—12 В; τ=2—5 мин.

5. Электрообезжиривание алюминия и сплавов цинка. Кальцинированная сода — 5—10; мыло—1—3; тринатрийфосфат—20—30. t=70—90° С; U = 6—10 В; D=3—8 А/дм²; τ=5—10 мин.

Очистка сильно загрязненных жиром медных деталей. 6. Едкий натр (или кали) — 5—1. D = 3—10 А/дм²; t=60—80° С.

7. Тринатрийфосфат — 100.

8. Обезжиривание меди и ее сплавов. Мыло — 5—10; натрий углекислый — 20—30; тринатрийфосфат — 30—40. t = 60—70° С;

$D=4$—5 А/дм²; $U=8$—10 В; $\tau=5$ мин. Основное время деталь — катод, кратковременно — анод. Электроды — никель или никелированная сталь.

9. Очистка меди и ее сплавов. Едкий натр — 30—40; жидкое стекло — 8—10; кальцинированная сода—20—30; тринатрийфосфат — 50—60. $D=3$—8 А/дм²; $U=6$—10 В; $t=70$—90° С; $\tau=5$—10 мин.

10. Обезжиривание латуни. Двунатрийфосфат — 5; декстрин — 0,3; едкий натр — 15; натрий углекислый — 10; смачиватель (НБ или ОП) — 2,2. $t=60$—70° С; $D=6$—7 А/дм².

Очистка слабо загрязненных жиром медных деталей. 10. Кальцинированная сода — 5—10; углекислый калий — 20—30; цианистый натрий — 2—3. $D=3$—8 А/дм²; $U=6$—10 В; $t=70$—90° С; $\tau=5$—10 мин.

11. Едкий натр — 30—40; жидкое стекло — 8—10; кальцинированная сода — 20—30; тринатрийфосфат—50—60. $D=3$—8 А/дм²; $U=6$—10 В; $t=70$—90° С; $\tau=5$—10 мин.

Обезжиривание цинка и его сплавов (г/л). 12. Жидкое стекло — 15—20; едкий натр — 12—15; тринатрийфосфат—40—50. $t=70$—80° С; $D=3$—5 А/дм²; $U=8$—10 В; $\tau=1$—3 мин. Основное время деталь — катод, кратковременно — анод. Электроды — никель, никелированная сталь.

13. Обезжиривание цинковых сплавов после механического полирования. Жидкое стекло — 3—5; тринатрийфосфат — 45—50. $t=60$—70° С; $D=2$—3 А/дм²; $\tau=1$—2 мин. Декапирование в 30—50 г/л серной кислоты.

14. Очистка деталей из цинка и его сплавов. Тринатрийфосфат — 40—50. $t=70$—90° С; $U=6$—10 В; $D=3$—5 А/дм²; $\tau=1$—3 мин.

15. Электрохимическое обезжиривание деталей из цинка перед химическим пассивированием. Едкий натр — 6—13; сода кальцинированная — 25—50; тринатрийфосфат — 6—15. $t=90$—100° С; $D=0{,}5$ А/дм²; $\tau=3$ мин.

16. Электрохимическое обезжиривание деталей из цинка перед покрытием медь—никель—хром. Жидкое стекло — 20—25; едкий натр—10—12; сода кальцинированная—10—12; тринатрийфосфат — 10—12. $t=65$—75° С; $D=0{,}5$ А/дм²; $\tau=40$—60 с.

Катодное обезжиривание алюминия перед цинкатной обработкой. 17. Едкий натр — 25; натрий углекислый — 14; натрий цианистый — 25. $D=2$ А/дм² катодно; $U=7$ В; $\tau=0{,}1$ мин.

18. Едкий натр — 14; натрий цианистый — 14. $t=18$—20° С; $D=2$ А/дм² катодно; $U=7$ В; $\tau=0{,}2$—0,5 мин.

19. Обезжиривание магния и его сплавов. Натрий углекислый — 25; тринатрийфосфат — 25; $t=95$° С; $D=1$—2 А/дм².

2. ВОДНЫЕ ТРАВЯЩИЕ РАСТВОРЫ И ПАСТЫ

Отличительной особенностью водных травящих растворов, применяемых для удаления загрязнений, является наличие в их составе веществ, способных вступать в химическое взаимодействие с материалом очищаемой поверхности, растворяя его и одновременно удаляя все находящиеся на ней загрязнения. Подобные растворы, активность которых может повышаться введением электрического тока или ультразвуковых колебаний, используются в основном для удаления прочно сцепленных загрязнений типа окисных пленок (окалины), ржавчины, продуктов коррозии и т. д.

2.1. ХИМИЧЕСКОЕ ТРАВЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ В РАСТВОРАХ

При пользовании растворами этой группы необходимо строго соблюдать установленные правила безопасности в части обращения с концентрированными кислотами и растворами их во избежание несчастных случаев. Основные назначения растворов указаны в табл. 13.1.

Травление углеродистых и нержавеющих сталей (г/л). **1.** Присадка КС — 2—3; серная кислота — 100—125; соляная кислота — 75—100. $t=30$—40° С; $\tau=30$—60 мин.

2. Присадка КС — 1—2; серная кислота — 150—200; $t=25$—60° С; $\tau=30$—60 мин.

3. Присадка МН-10. Серная кислота (1,84) — 80—100. $t=25$—60° С; $\tau=20$—30 мин.

4. Присадка ПБ-5 — 15—20; соляная кислота (1,19) — 200. $t=30$—35° С; $\tau=15$—25 мин.

5. Присадка КС — 1,5—2,2; серная кислота (1,84) — 400—420; соляная кислота (1,19) — 250—300. $t=40$—60° С; $\tau=60$ мин.

6. Азотная кислота (1,4) — 70—80; присадка КС—1—1,5; соляная кислота (1,19)—500—550. $t=50$° С; $\tau=3$—5 мин.

7. Азотная кислота (1,4) — 90; серная кислота (1,84) — 40; соляная кислота (1,19) — 130. $t=85$° С.

8. Соляная кислота (1,19) — 150; фосфорная кислота (1,7) — 100. $t=50$° С.

9. Дибензилсульфоксид — 75; соляная кислота (1,19) — 150.

10. Дибензилсульфоксид — 75; серная кислота (1,84) — 150. $t=80$—90° С.

11. Дибензилсульфоксид — 50; фосфорная кислота (1,7) — 150. $t=40$—70° С.

12. Азотная кислота (1,4) — 91; соляная кислота (1,19) — 180; тринатрийфосфат—50. $t=50$—60° С; $\tau=30$—40 мин.

13. ОП-7 или ОП-10. Серная кислота (1,84) — 60—80; тиомочевина — 0,2. $t=60$—70° С; $\tau=5$—10 мин.

14. Азотная кислота (1,4) — 200—300; натрий фтористый — 20—30; натрий хлористый — 20—30. $t=60$° С; $\tau=30$ мин.

15. Азотная кислота (1,4) — 70—450 мл/л; ацетон — 50—100 мл/л; вода — до 1000 мл; клей мездровый — 0,1—12 г/л; серная кислота (1,84) — 40—100; соляная кислота (1,19) — 80—450; фенол — 0,5—3,5 г/л. $t=20$—70° С; съем — 1 мм/ч.

Фенол растворяют в ацетоне и вносят в этот раствор остальные компоненты.

16. Контакт Петрова — 30 г/л; ОП-7 или ОП-10 — 4 г/л; присадка ЧМ — 5 г/л; серная кислота (1,84) — 100 мл/л; соляная

кислота (1,19) — 100 мл/л. t=60—70° С; τ=3—4 мин.

17. Азотная кислота (1,4) — 100—150 мл/л; натрия фторид 30—40 г/л; соляная кислота (1,19) — 15—30 мл/л. t=60—70° С; τ=3—4 мин.

18. Натрий хлористый — 75—80 г/л; ОП-7 или ОП-10 — 16—17; серная кислота (1,84) — 160—170 г/л; тиомочевина — 4—5.

19. Травление тонкостенных не сильно окисленных изделий из нержавеющей стали (% об.). Азотная кислота (1,4) — 5—10; ингибитор — 0,5; соляная кислота (1,19) — 25—50. t=60—70° С; τ = 10—20 мин. (Для повышения блеска после промывки кратко декапировать в 30—35%-ной азотной кислоте.)

20. Травление высокохромистых сталей с добавками (% вес.). Азотная кислота — 16—30; плавиковая кислота — 1—3.

21. Травление окалины на высококремнистых сталях (г/л). Натрия кремнефторид — 2—3; натрия фторид — 35—40; соляная кислота (1,14) — 10—20. t=70—90° С.

22. Совмещенное травление и обезжиривание стали (г/л). Калий йодистый — 0,3—0,4; натрий хлористый — 80; серная кислота (1,84) — 170; уротропин технический — 3—4; эмульгатор ОП-7 — 16—18. τ=2—10 мин.

Травление цветных металлов и сплавов. Медь. Чистовое матовое травление (г/л). 1. Серная кислота (1,84) — 25—40; хромовый ангидрид — 150—200. t=25° С; τ=5—10 мин.

2. Калия бихромат — 50; серная кислота (1,84) — 160. t=25° С; τ=5—10 мин.

Таблица 13.1

НАЗНАЧЕНИЕ ТРАВИЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

Объект травления	№ состава
Жаропрочные сплавы (типа ЭИ811, ЭИ835, Э868)	14
Нержавеющая хромистая сталь:	
травление	7
травление перед травлением в щелочном расплаве	18
Нержавеющая хромоникелевая сталь:	
предварительное (черное) травление	5
финишное (светлое) травление	6
травление для снятия металла (фрезерование)	15
травление с ультразвуком	17
Низколегированная сталь — травление с ультразвуком	16
Углеродистая сталь:	
травление толстой окалины	1
травление окалины и ржавчины	2, 3, 9, 10, 11
травление без ухудшения чистоты	4
травление с ультразвуком	16
снятие легкого налета ржавчины от промежуточного хранения	12
травление, совмещенное с обезжириванием (перед покрытием)	13
Чугун	8

Предварительное блестящее травление (г/л):

	3	4	5
Азотная кислота (1,4)	1000 мл	9	—
Вода	—	До 1000	До 1000
Натрия бихромат	—	—	60
Серная кислота (1,84)	—	48	80
Соляная кислота (1,19)	10 мл	0,5	—

6. Окончательное блестящее травление (г/л). Азотная кислота (1,4) — 1000 мл; натрий хлористый — 10—20 г; сажа — 10—20 г; серная кислота (1,84) — 1000 мл. τ=3—5 с.

7. Травление сложнопрофилированных изделий (% вес.). Вода — до 100%; калий азотнокислый — 10—13; фосфорная кислота — 65—70. t=18/50° С; плотность загрузки — 7,5—8 дм²/л; τ=10—50 мин. (Травление в ванне или во вращающемся колоколе. Одновременно удаляются заусенцы).

8. Легкое травление меди и медных сплавов (% вес.). Малеиновый ангидрид — 0,5—1,0; синтанол ДС-10 — 0,1—0,5; трилон Б — 0,3—0,5.

Цинк. 9. Травление от окислов (вес. ч.). Азотная кислота (1,4) — 1; вода — 10; серная кислота (1,84) — 1. t=20° С; τ=1 мин. Затем пассивирование 5—10 с в растворе (г/л): серная кислота — 2—3; хромовый ангидрид — 150—250.

10. Кратковременное химическое травление (г/л): натрий сернокислый ($10H_2O$) — 15—30; хромовый ангидрид—225—300. Если образуется желтая пленка — ополоснуть в 0,5%-ной серной кислоте и промыть.

Хром. 11. Светлое травление для удаления окисной пленки (% вес.). Вода — до 100%; едкий натр (или кали) — 5—10; перманганат калия — 10—20. t=90—100° С; τ=10—15 мин. Затем промывка в горячей воде и погружение на 0,5—1 мин в 15—20%-ный раствор щавелевой кислоты при 40—70° С.

12. Удаление окалины (% вес.). Вода — до 100%; едкий натр (или кали) — 10—20; перманганат калия — 5—10. t=85° С. Затем обработка в растворе минеральных кислот при t=25° С.

13. Соляная кислота (1,19) — 100%.

Титан. 14. Травление сплавов ОТЧ, ВТ20, В14 и аналогичных им для удаления водорода, поглощенного поверхностью при предварительном травлении (% вес.): азотная кислота (1,4) — 62—83; вода — до 100; плавиковая кислота (1,13)—16—17. t= = 18—22° С; τ=3—10 мин. Быстрая обильная промывка холодной водой и сушка при 70—100° С 40—50 мин.

Магний. 15. Химическое травление перед гальваническим покрытием (об. ч.). Ацетон — 3—1; фосфорная кислота (1,6—1,7) — 1—3. t=25±10° С; τ=10 с—3 мин.

16. Травящая очистка (г/л). Азотная кислота (1,4) — 25 мл/л; плавиковая кислота — 7,3 мл/л; хромовый ангидрид — 280. t=21—32° С; τ=0,5—2 мин.

17. Травящая очистка (мл). Вода — 100; фосфорная кислота 85%-ная — 900. t=21—26° С; τ=0,5—1,0 мин.

18. Травящая очистка (г/л). Натрий азотнокислый — 30; хромовый ангидрид — 180. t=21—32° С; τ=3 мин.

19. Натрий азотнокислый — 50; уксусная кислота (ледяная) — 200 мл/л. t=21—26° С; τ=0,5—1 мин.

Никель и его сплавы. 20. Азотная кислота (1,4) — 2250 мл; вода — 1000 мл; натрий хлористый — 30 г; серная кислота (1,84)—1500 мл. Хлористый натрий добавляют в охлажденный раствор. Травление двукратное, с промежуточной промывкой горячей водой. τ=5—10 с. Перед окончательной промывкой нейтрализация 1%-ным раствором аммиака. Сушка — в кипящей воде или опилках.

Молибден. 21. Азотная кислота (1,4) — 8; вода — до 100%; серная кислота (1,84) — 7.

Бериллиевая бронза. 22. Вода — 1000 мл; серная кислота (1,84) — 300 мл; хромовый ангидрид — 56 г. t=50—75° С.

23. Вода — 11 мл; серная кислота (1,84) — 47 мл; хромовый ангидрид — 357 г. τ=0,4—10 мин.

Алюминий. Глубокое травление. 24. Едкий натр — 10—20%. t = 50—80° С; τ=1—2 мин. Большой съем. Можно осветлять в азотной кислоте (1,4) с водой (1 : 1).

25. Едкий натр —40—60 г/л. t=50—60° С. τ — до 2 мин.

26. Едкий натр — 25—35 г/л; натрий углекислый — 20—30. t=40—55° С; τ — до 2 мин.

27. Серебристое травление (г/л). Едкий натр — 150; натрий хлористый—30. t=60° С; τ=15—20 с.

Кислотное травление (г/л)	28	29
Серная кислота (1,84)	350	35
Хромовый ангидрид	65	175

t=65—75° С; τ=0,5—2,0 мин. (Съем меньше, чем в щелочных растворах. Поверхность полублестящая. Перед травлением обезжирить).

При химическом кислотном травлении стали и чугуна в растворах удаляемые окислы и металл превращаются обычно в растворимые соли. Применяются, однако, и такие травильные составы, которые после удаления окислов образуют на поверхности тонкую защитную пленку, способную в ряде случаев обеспечивать временную защиту металлов от коррозии. К ним относятся, в частности, составы, содержащие фосфорную кислоту. Ниже приводится ряд таких составов.

1. Фосфатная смывка для удаления ржавчины (%). Фосфорная кислота — 32—35; бутиловый спирт — 2. Поверхность после обработки промыть водой, затем слабым раствором аммиака (1—2 мл 25%-ного на 1 л воды).

2. Фосфатный состав для удаления легких налетов ржавчины (вес. ч.). Фосфорная кислота 85%-ная — 10; бутиловый спирт — 83; вода — 7.

3. Фосфатный состав для удаления налетов ржавчины и остатков масла (% вес.). Фосфорная кислота (на 100%) — 30—35; этиловый спирт — 20; бутиловый спирт — 5; гидрохинон — 1; вода — 39—44.

4. Фосфатный состав для удаления ржавчины перед окраской (% вес.). Фосфорная кислота — 32—35; бутанол — 2 (или этиловый спирт 10); вода — до 100%. В промывную воду добавлять аммиак.

5. Фосфатный состав для очистки и травления алюминиевых сплавов с 5% Cu (% вес.). Фосфорная кислота — 2—20; бензотриазол — 0,005—0,03. Распыление при t=52—57° С; τ=2 мин.

6. Фосфатно-хроматный состав для удаления ржавчины со стали (г/л). Фосфорная кислота — 60—80; хромовый ангидрид — 100—150. t=50—70° С. Промывка в холодной воде и нейтрализация остатков кислоты в растворе соды (1—1,5%) и нитрита натрия (0,3%).

7. Фосфатная промывка для временной защиты от коррозии после травления. Травление в 10%-ной серной кислоте; тщательная промывка и обработка в 2%-ной фосфорной кислоте с 0,1—0,5% железа.

При травлении в фосфорной кислоте, как и в других кислотах, в состав растворов вводят ингибиторы, замедляющие либо предотвращающие растворение основного металла. Вводят, например:

1) борофосфорную кислоту 2%-ную к 20%-ному раствору фосфорной кислоты;

2) додециламин (0,05—0,5%) и фосфат окиси железа (0,1—1%) к фосфорной кислоте (ρ=1,7);

3) смесь бромидов (0,0405% вес.) и алифатического амина (0,020%).

2.2. ХИМИЧЕСКОЕ ТРАВЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ ПАСТАМИ

Травление пастами по химической сущности процесса аналогично травлению в растворах; применяется в случаях, когда по технологическим или иным соображениям не может быть применено погружение изделия в раствор. Паста наносится на подлежащий очистке или травлению участок поверхности, выдерживается на нем заданное время, затем механически удаляется или смывается водой вместе с загрязнениями.

Приводим составы некоторых паст для химической очистки (% вес.).

1. Паста для травления нержавеющих и жаростойких сталей. Алюминий (окись) — 16—19; глина огнеупорная — до 100%; никель (окись) — 1—1,8; стекло (порошок) — 68—74.

Пасты для химической очистки сварных швов на сплавах титана:

	2	3	4	5	6
Азотная кислота (1,34)	10	17	15	15	10
Вода	10	8	6	5	10
Двуокись титана	45	50	56	60	70
Плавиковая кислота (1,13)	25	20	13	10	5
Соляная кислота (1,19)	10	5	10	10	5

	7	8	9	10	11
Борная кислота или бура	5	3	2	1	0,5
Вода	15	12	11	10	24,5
Двуокись титана	40	50	55	60	65
Соляная кислота	40	35	32	29	10

3. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ВОДНЫЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ, МОЙКИ И ТРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ И ОБОРУДОВАНИЯ

В этом разделе собраны некоторые рецепты составов целевого назначения. Принципиальных отличий в подборе их составляющих от растворов, рассмотренных в предыдущих главах, нет, но специфические особенности применения позволяют выделить их в самостоятельную группу.

3.1. УДАЛЕНИЕ НАГАРА С ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ

Нагаром называются сравнительно толстые углеродистые отложения сложного состава (асфальтосмолистые вещества), образующиеся в результате осаждения продуктов неполного сгорания топлива на поверхности деталей двигателей — в основном в камере сгорания, на днищах поршней, клапанах, свечах и т. п. Часто предшествующая образованию толстого слоя нагара, а иногда существующая самостоятельно так называемая лаковая пленка, продукт окисления масел, также имеет сложный состав (масла, смолы, асфальтены, карбены, карбоиды).

Удаление этих и подобных им загрязнений в двигателях других типов представляет сложную задачу, так как нагар и лаковая пленка химически инертны и прочно сцеплены с металлом. Соответственно применяемые для их очистки составы используются при более высокой температуре и в течение более длительного времени, чем при очистке от обычных жировых и масляных загрязнений.

Ниже приводятся некоторые составы для удаления нагара.

Удаление нагара со стальных деталей поршневых двигателей (г/л). **1.** Едкий натр — 25; жидкое стекло — 1,5; мыло — 8,5; сода кальцинированная — 33. t=80—90° С; τ=120—180 мин.

2. Едкий натр — 100; калия бихромат — 5. t=80—95° С; τ=120—180 мин.

3. Едкий натр — 25; жидкое стекло — 10; калия бихромат — 5; мыло — 8; сода кальцинированная — 31. t = 80—95° С; τ= =120—180 мин.

4. Удаление маслянистых и неорганических загрязнений с деталей из алюминиевых сплавов (лопатки компрессоров и т. п.). А (частичный состав) — этилцеллозольв — 10 об. ч.; керосин тракторный — 100 об. ч.; терпинеол технический — 100 об. ч. Б (рабочий состав) — мылонафт — 50 вес. ч.; состав А — 50 вес. ч. t=20—25° С; τ — до удаления загрязнений. Наносится волосяными щетками.

Удаление нагара с алюминиевых деталей поршневых двигателей. (г/л). **5.** Жидкое стекло — 8,5; мыло — 10; сода кальцинированная — 18,5. t=80—95° С; τ=120—180 мин.

6. Жидкое стекло — 8; калия бихромат — 5; мыло — 10; сода кальцинированная — 20. t = 80—95° С; τ=120—180 мин.

7. Калия бихромат — 5; мыло — 10; сода кальцинированная — 10. t=80—95° С; τ=120—180 мин. Остатки нагара удаляют щеткой или кистью. Промывка деталей в воде с 0,1—0,3% бихромата калия.

Удаление нагара с впускных газопроводов автомобильных двигателей:

	8	9
Едкий натр	25	25
Жидкое стекло	10	1,5
Мыло	10	8,5
Поташ технический	30	—
Сода кальцинированная	—	33

t=100° С; τ=240—360 мин. Промывка горячей водой.

10. Очистка деталей газотурбинных двигателей (г/л). Жидкое стекло — 3; калия бихромат — 2; сода кальцинированная — 7. Удаление нагара и загрязнений с крупных и мелких деталей. t=80—95° С; τ=180—300 мин. Струйная очистка (p = 1—2 кгс/см^2); t=70—80° С; τ=8—12 мин.

11. Очистка от нагара форсунок двигателей (% об.). Раствор ализаринового масла в воде (1 : 2) — 75; 10%-ный раствор едкого натра — 5; этилцеллозольв — 20.

После размягчения при 70—75° С 1 ч перенести в ванну с 0,5% ОП-7 или ОП-10 при 40—50° С. Очищать кистями. Затем — промывка теплым раствором кальцинированной соды и хромпика (по 0,2%) и сушка воздухом.

12. Очистка от высокотемпературного нагара (вес. ч.): кремнефторид натрия — 8—10; медь сернокислая — 1—2; серная кислота (1,84) — 34—28; фосфорная кислота (1,70) — 57—60. t = 130—140° С; τ=10—20 мин. Расход ~250 мл/дм^2 поверхности. Рабочая температура достигается после испарения воды при 100° С.

13. Удаление нагара с деталей двигателей и турбин (% вес.). Вода дистиллированная — до 100%; перекись водорода — 20—30; раствор аммиака — 2—5. (200—300 мл перекиси водорода разбавляют 800—700 мл дистиллированной воды, опускают туда очищаемые детали или узлы, добавляют 20—50 мл водного аммиака. Выдерживают 7—10 мин, периодически очищая нагар щетками или с помощью ультразвука. Промывают водой, сушат). Раствор аммиака можно заменять раствором тринатрийфосфата и другими щелочными растворами.

3.2. ОЧИСТКА И МОЙКА НОВЫХ И РАБОТАВШИХ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Новые подшипники, покрытые консервационными смазками, очищают вначале в ванне с нагретым до 100° С низковязким минеральным маслом (типа веретенного), затем, после удаления консервационной смазки, охлаждают и промывают в бензине, содержащем 6—8% минерального масла.

При наличии следов коррозии на нерабочих поверхностях подшипники обезжиривают в течение 5 мин в растворе состава (г/л): едкий натр — 10; сода кальцинированная — 30; тринатрийфосфат — 30, затем промывают горячей и проточной холодной водой, после чего удаляют продукты коррозии, выдерживая 25—60 мин в нагретом до 85—95° С растворе состава: хромовый ангидрид — 150; фосфорная кислота (11,7) — 85.

Очищенные от следов коррозии подшипники после тщательной промывки пассивируют 15 мин в растворе (г/л): триэтаноламин — 8—10; нитрит натрия — 2—3.

Подшипники качения, находившиеся в эксплуатации, промывают бензином так же, как и новые. Затем обезжиривают в растворах, приведенных в табл. 13.2, и осушают обдувкой сухим чистым воздухом.

При наличии на нерабочих поверхностях коррозии ее удаляют в одном из следующих растворов (г/л): фосфорная кислота — 500—600: этиловый спирт — 180—220; бутиловый спирт — 30—70; гидрохинон — 9—11; вода — до 100%.

При погружении в раствор выдержка 30±5 с; протирание пораженных мест ведется до снятия коррозии. Раствор сменяют после обработки в 1 л раствора 1 м² поверхности. Допускается попадание раствора на медь и сплавы алюминия.

Удаление продуктов коррозии погружением в раствор на 15 мин при отсутствии явной коррозии и на 40—60 мин — при ее наличии производится в растворе (г/л): фосфорная кислота — 40—80; хромовый ангидрид — 200—300; вода — остальное. Раствор подогревают до 90—100° С.

После удаления продуктов коррозии производят нейтрализационную промывку 15—25° С в растворах, приведенных в табл. 13.2, с увеличенным в три раза против указанного содержанием компонентов. Затем сразу же промывают в растворах указанной в таблице концентрации.

Таблица 13.2

РАСТВОРЫ ДЛЯ ПРОМЫВКИ СТАЛЬНЫХ ПОДШИПНИКОВ (Г/Л)

Компоненты и режим	№ раствора			
	1	2	3	4
Вода	—	До 100		
Жидкое стекло	1—3	—	1,5—12	1—3
Сода кальцинированная	1,5—3	1,5—2,5	3,5—28	1—3
Другие компоненты	Эмульсол (ГОСТ 1975—53) 35—45	Хромпик натриевый 0,8—1,0	0,8—1,0	Натрия нитрит 1—3
t, °С	—	60—80		
τ, мин	2—5	2—10	0,5—10	0,5—10

3.3. ПОДГОТОВКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ К НАНЕСЕНИЮ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Стандартная подготовка изделий к нанесению гальванических покрытий, обычно состоящая в обезжиривании и декапировании либо активировании, вполне достаточна для большинства случаев, но в отдельных должна заменяться индивидуальной подготовкой для обеспечения требуемого качества.

Ниже приводится несколько составов, предназначенных для подобной специальной подготовки.

Подготовка поверхности магниевых сплавов (г/л). 1. Сернокислый никель — 15—20; пирофосфат натрия — 70—95; бифторид аммония — 5—10. pH=8,2—8,4; t=70—75° С; τ=10—15 мин.

Перед осаждением контактной пленки никеля изделия обезжиривают в органическом растворителе и травят в растворе состава (г/л):

уксусная кислота (ледяная) — 200; азотнокислый натрий — 50. t = 20° С; τ= =1—1,5 мин.

На поверхности магниевого сплава образуется светло-серая пленка контактно восстановленного никеля, которая обеспечивает прочное сцепление никелевого осадка, наносимого химическим или электрохимическим восстановлением. После нанесения покрытия проводят термообработку изделий при 150—200° С в течение 2 ч. Раствор готовят путем последовательного растворения всех его компонентов. Раствор устойчив в работе.

2. Подготовка поверхности изделий из магниевых сплавов к нанесению гальвани-

ческих покрытий производится в растворе, содержащем 375 мл фосфорной кислоты (ρ=1,7) и 625 мл этилового спирта. Получаемая полуглянцевая поверхность обеспечивает хорошее сцепление покрытия с основой и исключает брак.

Технологический процесс осуществляют следующим образом. Сначала проводят обезжиривание в органических растворителях, сушку, промывку в теплой и холодной воде. Далее снимают окисную пленку сначала в щелочном растворе едкого натра или кали при 70—80° в течение 3—10 мин, а затем в растворе хромового ангидрида при комнатной температуре в течение 3—12 мин. После промывки в холодной воде следует травление в растворе, содержащем 375 мл фосфорной кислоты и 625 мл этилового спирта при комнатной температуре в течение 5—7 мин, промывка в холодной проточной воде, а далее контактное осаждение цинка из раствора следующего состава: цинк сернокислый — 45 г/л, натрий пирофосфорнокислый — 200 г/л, калий фтористый — 10 г/л, калий углекислый — до pH=10—10,5 при 80—90° за 4—8 мин при механическом перемешивании. После промывки в холодной воде проводят меднение изделий в электролите, содержащем 40—45 г/л цианистой меди, 11—16 г/л цианистого натрия, 45—50 г/л калия виннокислого, 6—8 г/л едкого натра и 25—30 г/л углекислого натрия, при 60—70° и плотности тока 1,5—2,5 А/дм². Далее следует промывка в холодной воде, прогрев деталей при 250° С в течение часа, снятие окисной пленки в растворе цианистого натрия, снова промывка и, наконец, гальваническое покрытие никелем, серебром, кадмием из известных электролитов.

Подготовка медной ленты под электролитическое алюминирование (г/л). Сода кальцинированная — 25—30; тринатрийфосфат — 25—30. D_a=2—3 А/см²; τ=2—3 мин.

Последующее травление (% вес.). Серная кислота — 5—10; перекись водорода — 0,1—0,2. Цикл анодирования и травления повторяется дважды. Далее ленту промывают в проточной воде.

Для улучшения адгезии покрытий, гальванически наносимых на титан и его сплавы, рекомендуется вести предварительную обработку в растворе, содержащем от 350 г/л до насыщения щелочи при t=30—80° С и U=30—80 В при постоянном токе или 20—50 В при переменном, τ — от 5 с до 1 мин.

Подобная обработка титана и его сплавов, а также ниобия и других сходных с ними металлов придает им приятный внешний вид и повышает адгезию наносимого покрытия.

Состав щелочной ванны и условия процесса можно изменять в широком диапазоне. При необходимости изменить характеристики покрытия, особенно его цвет и сплошность, в ванну добавляют соединения свинца, олова, сурьмы, висмута, таллия, мышьяка, меди, алюминия, щелочные металлы, а также соли других металлов (кремнекислый натрий, фосфорнокислый натрий, буру и другие соединения). Если нужно получить покрытия повышенной сплошности с хорошей адгезией и однородностью, изделия подвергают дальнейшей обработке в растворе кислоты (соляной, серной, надхлорной, фтористоборной).

Например, титановую деталь без предварительной обработки помещают в качестве анода в ванну с водным раствором едкого натра — 800 г/л и процесс ведут при U=24 В; D_a=300 А/дм²; t = 75° С; τ=15 с. Катод — железо. Затем деталь промывают водой и обрабатывают в растворе соляной кислоты при переменном токе в течение около 2 мин.

Обработанную титановую деталь гальванически покрывают иридием в гальванической ванне, содержащей хлористоаммиачный иридий. Полученное иридиевое покрытие имеет прочное сцепление с титаном.

Подготовка молибдена к меднению или пайке (% вес.). Серная кислота — 16—18; плавиковая кислота — 5—6; вода — 76—79. t=15—25° С; τ=5—10 мин, затем без промывки меднят в специальном электролите.

Подготовка молибдена к нанесению рутения: 50%-ная серная кислота. t=60—70° С, τ=20—30 мин.

Подготовка молибдена перед электрополированием (% об.). Аммиак 25%-ный — 50; перекись водорода 30%-ная — 50. t=15—25° С; τ=1—2 мин.

Подготовка титана к меднению слоем 10—15 мкм (мл). Плавиковая кислота 40%-ная — 10; серная кислота (1,84) — 15; вода — 90. t=15—25° С; τ=30—60 с. Затем промывка и завеска под током в пирофосфатный электролит меднения.

Подготовка титана к меднению:

	1	2	3
Уксусная кислота (1,06)	875 мл	—	—
Плавиковая кислота (48%-ная)	125 мл	150 г/л	—
Аммоний уксуснокислый	400 г/л	200 г/л	—
Бифторид аммония	—	—	45 г/л

t=20° С; τ=10—15 мин.

Подготовка титана перед никелированием или хромированием. Соляная кислота (1,19) при t==200° С — 1 ч или раствор серной кислоты (1 : 1) при t=80—90° С — 7—10 мин. Затем следует весьма кратковременная промывка и завеска под током в электролит для никелирования.

Подготовка титана перед анодным оксидированием в серной кислоте (г/л). Азотная кислота — 160—180; плавиковая кислота — 40—150. t==15—25° С; τ=1—2 мин.

Подготовка титана к серебрению (мл/л). Азотная кислота (1,4) — 150—180; плавиковая кислота 40%-ная — 10—25. t=15—25° С; τ=1 мин. Затем промывка холодной водой, декапирование в соляной кислоте (1,19) при 15—25° С 6—

8 с и погружение без промывки в хлористый никелевый электролит на 3—4 мин без тока, затем 4—5 мин при $D_к$=4—6 А/дм².

Перед химическим никелированием титан травят в соляной или серной кислоте, так же как и перед гальваническим никелированием, затем декапируют в растворе (г/л): хлористый никель — 220; фтористый аммоний—20—40; соляная кислота (1,19)— 120 мл/л. t=15—25° С; τ=2—3 с. Затем промывка и завешивание в раствор для химического никелирования.

Подготовка магния перед никелированием (г/л). Уксусная кислота (ледяная) — 200; азотнокислый натрий—50. τ=1—1,5 мин, t=15—25° С. Затем промывка водой.

Подготовка алюминиевых сплавов к гальваническим покрытиям (г/л). 1. Станнат натрия — 20—80; пирофосфат калия — 30—120; щавелевокислый аммоний—10—20; едкий натр— 1,5—7. t=30° С; pH=12,8; τ = 10—40 с.

2. Натрий хлористый — 300 г/л. t= =50—55° С; $D_а$=15 А/дм². Обработка на аноде — 1 мин, на катоде — 2—3 мин, снова на аноде — 1 мин.

3. Фосфорная кислота (1,4) — 1000 мл; никель хлористый — 40 г. Перед серебрением сплавов АМгАМ, АМцАМ, Д16 τ = =1,5—2 мин, а сплава АД1М — 2—2,5 мин. t=18—20° С.

Получение фосфатно-фторидной пленки на алюминиевых сплавах перед никелированием (г/л). Фосфорная кислота — 300; фтористый натрий — 35—45. В 100 мл раствора обрабатывается 12 дм² поверхности деталей.

Составы для цинкатной обработки алюминия и его сплавов перед нанесением гальванических покрытий. Обработка алюминия и его сплавов (г/л). Едкий натр—250—420; окись цинка — 55—70. t=20—25° С; τ — для кремнистых сплавов — 5—10 с, для медесодержащих сплавов — 1—5 с, для чистого алюминия — 10 с. Работа в стальной ванне.

Обработка деформируемых и литейных сплавов (г/л). Железо хлорное ($6H_2O$) — 1; едкий натр — 525; окись цинка—100; сегнетова соль ($4H_2O$)— 10. t=25° С; τ=30—60 с.

Обработка сплавов алюминия с магнием и кремнием (г/л). Едкий натр — 10; окись цинка — 5; сегнетова соль ($4H_2O$) — 10. t=20° С; τ=120 с.

Разбавленный цинкатный состав (г/л). Едкий натр — 45; окись цинка—5. t=20° С; τ=120 с.

Экономичный по цинку состав (г/л). Железо хлорное ($6H_2O$) — 2; едкий натр — 120; натрий азотнокислый — 1; окись цинка — 20; сегнетова соль ($4H_2O$) — 50. t= =25° С; τ=30 с.

Обработка алюминия. Плавиковая кислота 48%-ная — 35 мл; цинк сернокислый ($7H_2O$) — 720 г/л.

Обработка сплава под твердое хромирование (г/л). Едкий натр — 550; окись цинка — 100. Обезжиривание: тринатрийфосфат — 1,5 г/л; сода кальцинированная — 1,5 г/л. t=90° С. Промыть. Травить: азотная+плавиковая кислота (1 : 1). Промыть, цинковать.

Обработка алюминия (г/л). Едкий натр — 90; цинк сернокислый ($7H_2O$)— 60. Едкий натр вливают в раствор соли цинка до растворения пленки.

Обработка алюминия и его сплавов (г/л). Едкий натр — 400—500; окись цинка — 50—100. t=20—30° С; τ= =0,5—1 мин.

Состав для тонких цинкатных пленок (г/л). Железо хлорное ($6H_2O$) — 1; едкий натр — 500; окись цинка — 100; сегнетова соль—100. t=20—30° С; τ = 0,5—1 мин.

Обработка алюминия (г/л). Глюконат калия — 5—25; едкий натр — 100—700; окись цинка — 10—200. t=15— 50° С; τ=0,5—1,0 мин.

Контактное цинкование титановых сплавов перед нанесением химического никеля и твердого хрома:

Цинк сернокислый	10—20	10—20	35—55
Натрий лимоннокислый	75—95	—	—
Сегнетова соль	—	60—80	—
Хлористый аммоний	—	—	240—280
Бифторид аммония	125—150	125—150	125—150
Клей столярный	0,5—1	0,5—1	0,5—1
pH	—	5,5—6	—
t, °С	18—25	40—60	18—25
τ, мин	2—5	1—2	2—5

Предварительно проводят гидридную обработку (см. стр. 190) и травление в растворе (% об.): плавиковая кислота — 25, азотная кислота — 50, вода — 25.

Химическая подготовка поверхности алюминия под нанесение гальванических покрытий, кроме рассмотренной выше цинкатной, может проводиться и по другим вариантам. Например, алюминиевые детали обезжиривают и осветляют, после чего погружают в раствор: H_3PO_4 (1,4)—1000 мл; $NiCl_2$ — 40 г. t= =50—60° С; τ=15 с.

Обработка заканчивается при начале обильного газовыделения. Никель на подготовленную поверхность осаждают из обычных электролитов, олово — из сернокислых, медь — из пирофосфатных.

Среди других составов для подготовки к покрытиям приобретают важное значение составы, образующие токопроводящие конверсионные пленки, например:

Состав для фторидно-фосфатной подготовки алюминия к гальваническому нанесению никеля. Фосфорная кислота — 500 мл (360 г); вода — 500 мл; фтористый натрий — 35—45 г. В 100 мл — обработка до 12 дм² без корректировки.

Состав для обработки титановых сплавов перед нанесением покрытий (мл). Серная кислота

(1,84)—650; соляная кислота (1,14) — 350 мл. τ=60 мин. Перед травлением обрабатывают обдувкой корундовым песком. У некоторых сплавов образуется шлам, требующий удаления.

3.4. СНЯТИЕ МЕТАЛЛОПОКРЫТИЙ И ОКИСНЫХ ПЛЕНОК С ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ

В производственном обиходе часто возникает необходимость удаления слоя металлического покрытия, нанесенного на поверхность детали или изделия, выполненного из металла другого состава. С этим, например, часто сталкиваются в гальванических производствах, когда нужно снять недоброкачественное покрытие для исправления брака. Снимать металл, особенно драгоценный, приходится с поверхностей изношенных изделий. С этой операцией сталкиваются и во многих других случаях.

Ниже приведены составы некоторых растворов, используемых при химическом или электрохимическом снятии покрытий. Назначение покрытий, снимаемых этими составами, указано в табл. 13.3.

Таблица 13.3

НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВОВ (1) — (67) ДЛЯ СНЯТИЯ МЕТАЛЛОПОКРЫТИЙ И ОКИСНЫХ ПЛЕНОК

Снимаемое покрытие	Металл основы							
	Алюминий	Латунь	Любой	Магний и его сплавы	Медь и ее сплавы	Никель и его сплавы	Сталь	Цинк и его сплавы
Золото		57	60—62		57, 62			62
Кадмий		59	60—62		58, 59		58, 59	
Латунь			60—62	26, 27			14—16, 19—22	24, 25
Медь	30, 31		60—62	26, 27	28, 29	6	1—19	6, 18, 23—25
Никель	37, 38, 48, 49	37—44	60—62	45	37—44, 62		32—38	37, 38, 46, 47, 62
Олово		50, 51	60—62		50—51		50, 51	
Свинец			60—62				52, 58	
Серебро		55	60—62		55	53, 54	53, 54	
Хром			60—62		62			62
Цинк		58, 59	60—62		58, 59		58, 59	
Неметаллические пленки			63—67					

Снятие медных покрытий со стали (г/л). **1.** Калия бихромат —2—10; натрий азотнокислый—80—100. t=18—25° С, D_a=1—2 А/дм²; pH=7—8.

2. Нитроароматические соединения — 60; цианистый натрий — 120—180; едкий натр — 0,25. t=60—65° С. Съем — 70—80 мкм/ч.

3. Нитроароматическое соединение — 90; диэтилентриамин — 150; хлорид аммония — 50. t=80° С; съем — 40 мкм/ч.

4. Едкий натр — 100; сера — 150. Раствор кипятят 30 мин для растворения серы. t=85—95° С; Q=20—30 мкм за 2—5 мин; покрытие превращается в сульфид меди. Удаление сульфида струей воды и в растворе (120 г/л) цианистого натрия.

5. Натрий сернистый — 210; сера — 12—15. t=20—25° С. Обработка погружением на 5 мин, затем промывка, зачистка сульфида щеткой и погружение в раствор (100 г/л) цианистого натрия. Процесс повторяют до удаления меди.

6. Хромовый ангидрид — 480: серная кислота (1.84)—35 мл/л. t=20—25 или 70°С. Съем при 20°С — 50 мкм/ч; при 70°С—300 мкм/ч. (Применим также для снятия меди с никеля и цинка).

7. CrO_3—250—300; $(NH_4)_2SO_4$ —100—120. t=18—25°С.

8. CrO_3—100—150; H_2SO_4—1—1,5. t=18—25° С; D_a=5—10 А/дм².

9. Нитрит калия — 20% вес.; подкислен уксусной кислотой.

10. Персульфат аммония — 35% вес., избыток аммиака; съем 80—150 мкм/ч при t=25° С.

11. Цианистый натрий — 90—150; едкий натр — 15. t=20—25° С; U = 6 В; катоды—сталь. При 25° С съем 50 мкм/ч.

12. Цианид меди — 45; цианид натрия — 65; цианид натрия свободный — 15; тринатрийфосфат — 60; едкий натр — до pH=12,2. t = 80° С; U=2—2,2 В; $S_к : S_а$=2 : 1. Съем: при 80° С — 100 мкм/ч; при 25° С — 50 мкм/ч.

13. Цианид меди — 30; цианид калия — 65; цианид калия свободный — 18—20; едкое кали — 15; карбонат калия — 35—40. Режим, как в составе (12).

14. Едкий натр — 15; натрий цианистый — 90. t = 20° С; U=6 В. Катод — сталь. Можно и без тока — для тонких покрытий.

15. Аммиак 25%-ный — 330; натрий пиросернокислый — 70.

16. Нитрофенол — 50; цианистый натрий — 140; едкий натр — 0,2. t=60° С.

17. Фосфорная кислота 85%-ная — 90% об.; сульфат меди — 1 г/л. $t = 65°$ С; $D_а = 20$ А/дм^2.

18. Сульфид натрия — 120 г/л. $t = 20—25°$ С; $U = 0—2$ В. Применим также для снятия меди с литья цинковых сплавов под давлением. При этом добавляют цианид натрия в количестве от однократного до пятикратного.

19. Серная кислота — 50; хромовый ангидрид — 500. $t = 20°$ С.

Составы для снятия латуни. **20.** Персульфат аммония — 75 г/л; раствор аммиака (насыщенный) — 375 мл/л.

21. Раствор аммиака (насыщенный) — 60% об.; перекись водорода — 40% об.

22. Нитрат калия — 225 г/л. $D_а = 2$ А/дм^2.

С цинка. **23.** Хромовый ангидрид — 200—50 г/л. $CrO_3 : SO_4 = 100 : 1$. $t = 20—25°$ С; $D_а = 7—14$ А/дм^2. Ток переменный. Съем — 40 мкм/ч. Для отливок под давлением из цинковых сплавов.

24. Снятие меди и латуни с цинка (г/л). Серная кислота — 2,3; хромовый ангидрид — 230.

25. Натрий сернистый — 120. $t = 20°$ С; $U = 2$ В.

С магния. **26.** Натрий сернокислый — 140. $U = 2$ В.

27. Едкий натр — 105; сера (порошок) — 160. $t = 90°$ С. До работы раствор прокипятить. После снятия металла промыть в цианистом натрии и воде.

С меди. **28.** Хромовый ангидрид — 450—480 г/л; серная кислота (1,84) — 125 мл/л; персульфат калия — 20 г/л; нитрат серебра — 0,05—0,5 г/л. (Применяют для удаления меди с печатных схем.)

29. $FeCl_3$ — 50 г/л. HCl — 50 г/л. $t = 60—70°$ С.

С алюминия. **30.** Серная кислота (1,84) — 5% вес. $t = 20—40°$ С; $D_а = 5—7$ А/дм^2. Катоды — свинец или уголь.

31. Техническая азотная кислота — 70% вес. $t = 20°$ С.

Составы для снятия никелевых покрытий. Со стали (г/л). **32.** Фосфорная кислота 85%-ная — основа; сульфат никеля — 1 г/л. $t = 65°$ С; $D_а = 20$ А/дм^2. Съем — 100 мкм за 1 ч.

33. Натрий азотнокислый — 540. $t = 90—93°$ С; $D_а = 10$ А/дм^2.

34. Борная кислота — 30; хромовый ангидрид — 240. $t = 85°$ С; $D_а = 1$ А/дм^2.

35. Нитрат натрия — 285; нитрит натрия — 9,9; карбонат натрия — 3,0; хлорид натрия — 2,1. $D_а = 15$ А/дм^2; $U = 10—12$ В.

36. Нитрит натрия — 202,5; хромовый ангидрид — 106. $t = 15—60°$ С; $D_а = 8—30$ А/дм^2.

37. Серная кислота (1,84) — 60% об. Присадки: глицерин или этиленгликоль — 30 г/л; или сульфат магния или меди — 30 г/л; или триамин или трибутиламин — 0,2—0,5% об. $t = 20—25°$ С; $U = 6$ В. Катоды — свинец. Также применим для анодного удаления никеля, меди, латуни, алюминия и цинка. Съем — 120 мкм/ч при 7—10 А/дм^2.

38. Серная кислота (1,84) — 50% об. Присадки — как в составе (37). $t = 20—25°$ С; τ — до понижения тока; $U = 2$ В. Катоды — свинец.

С меди и ее сплавов (г/л). **39.** Нитроароматические соединения — 40—75; серная кислота (1.84) — 180. $t = 80—90°$ С. После удаления никеля снимают налет в цианистом растворе.

40. Нитроароматическое соединение — 60; цианид натрия — 120—180; едкий натр — 0—25. $t = 60—75°$ С. Скорость съема при 70° С — 30—40 мкм/ч.

41. Нитроароматическое соединение — 35; этилендиамин — 65. $t = 60—80°$ С. Для снижения воздействия на медь добавляют немного тиомочевины. Съем при 80° С — 70 мкм/ч; при 20° С — 6 мкм/ч.

42. Соляная кислота — 5% вес. $t = 20—25°$ С; $U = 6$ В. Катод — уголь.

43. Дитиодигликолевая кислота — 30—400. $t = 60—80°$ С.

44. Натрий роданистый — 100; натрий кислый сернистокислый — 100. $t = 20°$ С; $D_а = 2$ А/дм^2.

С магния. **45.** Аммоний азотнокислый — 20; плавиковая кислота — 200. $t = 20°$ С. Деталь — анод.

С цинка. **46.** Серная кислота — 500. $t = 65°$ С; $U = 6$ В.

47. Серная кислота (1,84) — 40% вес.; фосфорная кислота 85%-ная — 20% вес.; хромовый ангидрид — 5% вес. $t = 20—80°$ С; $U = 6$ В. Катод — свинец (для цинковых сплавов, отлитых под давлением).

С алюминия. **48.** Серная кислота (1,84) — 5% вес. $t = 20—40°$ С; $D_а = 5—7$ А/дм^2. Катоды — свинец.

49. Техническая азотная кислота (1,54 г/см^3). $t = 50°$ С. В 1 л растворяется 15 г никеля. Пригоден и для нержавеющей стали.

Составы для снятия оловянных и свинцовых покрытий. **50.** Едкий натр — 60; сегнетова соль — 5—10. $t = 40—60°$ С; $U = 2—4$ В. (Можно работать на реверсированном токе.)

51. Железо хлористое — 90; медь сернокислая — 146; уксусная кислота (ледяная) — 20 мл. $t = 20°$ С. Можно регенерировать добавкой перекиси водорода.

52. Перекись водорода (5%-ная) — 200; уксусная кислота (ледяная) — 200. $t = 20°$ С.

Составы для снятия серебряных покрытий (г/л). **53.** Азотная кислота — 50 мл; серная кислота — 950 мл. $t = 80°$ С.

54. Натрий цианистый — 30. $t = 20°$ С; $D_а = 1—2$ А/дм^2.

55. Плавиковая кислота — до pH = 5—5,5; фтористый калий — 30—100. $U = 1,7—2$ В.

56. Бромистоводородная кислота — 200—400; лимонная кислота — 50—100. $t = 18—20°$ С. $D_а = 2—6$ А/дм^2.

57. Калий железистосинеродистый — 30; калий цианистый — 20. $t = 30—90°$ С; $D_а = 10$ А/дм^2; $\tau = 1$ мин.

Составы для снятия цинковых и кадмиевых покрытий. **58.** Алюминий азотнокислый — 120.

59. Вода — 100 мл; соляная кислота — 1000 мл; сурьма (трехокись) — 20 г. $t = 20°$ С.

Универсальные составы (г/л). 60. Алюминий азотнокислый — 50—400; ингибитор — 100—200; фенол — 1—20.

В качестве ингибитора коррозии вводят уксуснокислый натрий или лимоннокислый натрий. Вместо фенола можно вводить диоксифенол (бренцкатехин, резорцин, гидрохинон), триоксифенол (пирогаллол, флороглюцин) или его нитросоединения, например нитрофенол, нитробренцкатехин, динитрофенол.

Предмет, с которого надо удалить покрытие, погружают в ванну в качестве анода, а в качестве катода применяют лист нержавеющей стали. Минимальная D_a= =8 А/дм^2; t = 20—100° С, предпочтительно 40—60° С; pH устанавливают в пределах 4—6 и поддерживают добавлением азотной кислоты.

61. Аммоний азотнокислый — 200; фенол — 2 см^3; уксуснокислый натрий — 100 (если материал основы содержит менее 0,1% углерода — не добавлять уксуснокислый натрий, а фенол увеличить до 5 см^3).

62. Аммоний роданистый — 50—300; фенол — 5—80. t=20—60° С. D_a=8—10 А/дм^2.

В качестве гидроксилсодержащего соединения бензольного ряда в раствор может быть введен фенол, двухатомный фенол, например пирокатехин, резорцин, гидрохинон, трехатомный фенол, например пирогаллол, оксигидрохинон и их нитропроизводные.

Раствор позволяет электрохимически удалять хромовые, никелевые и золотые покрытия с поверхности деталей из меди, медных сплавов, серебра, цинка или титана без растравливания основы, которая при этом покрывается токонепроводящей пленкой, удаляемой разбавленным раствором едкого натра.

Составы для снятия неметаллических пленок. 63. Снятие недоброкачественных анодных пленок с алюминия (г/л). Фосфорная кислота — 45 мл/л; хромовый ангидрид — 20. t=90° С; τ=5—10 мин. Металл не травится.

64. Снятие эматаль-пленок с алюминия (г/л). Фосфорная кислота — 90 мл/л; хромовый ангидрид — 40. t=90° С; τ=40—60 мин.

65. Снятие окисных пленок с лопаток газовых турбин (% вес.). Азотная кислота (1,4) — 19,2; вода — до 100%; плавиковая кислота (1,17) — 4,3. t=25—30° С; τ= = 40 мин.

66. Снятие темных окисных пленок с меди (г/л). Бихромат калия — 50; серная кислота (1,84) — 100 или железо сернокислое (III) — 100; серная кислота (1,84) — 100.

67. Снятие фосфатной пленки с оцинкованной и фосфатированной поверхности стали. 5%-ный раствор винной или лимонной кислоты. t=18—20° С; τ = 0,5—1,0 мин.

3.5. ХИМИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ПОВЕРХНОСТЕЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Удаление отложений со стенок теплообменных устройств и другого энергетического оборудования. В процессе работы теплообменников, турбин, трубопроводов и других видов теплоэнергетического оборудования на рабочих поверхностях, соприкасающихся с горячей водой, происходит отложение солей, осаждение меди, образование окалины, ржавчины и различных других окисных пленок. Для удаления их помимо профилактических мер (надлежащей водоподготовки, введения добавок, воздействия магнитным полем и ультразвуком и т. п.) применяют промывки различными химическими составами.

1. Удаление отложений металлической меди из проточной части турбин. Смесь 6%-ного раствора аммиака и 6%-ного раствора двууглекислого аммония в присутствии окислителя.

2. (г/л). Аммиак — 30—50; двууглекислый аммоний — 15—35; углекислый аммоний — 15—35; фосфорнокислый натрий трехзамещенный — 0,15—0,3. t=50° С; τ=1—2 ч. Обработку проводят непрерывной прокачкой раствора через проточную часть турбины и подачей воздуха (кислорода) в промывочный раствор.

3. Для удаления металлических отложений трубчатые теплообменники, выполненные из углеродистой стали с латунными трубами, обрабатывают в 15%-ном растворе серной кислоты при 20—40° С в течение 1 ч с последующей промывкой в течение 10—15 мин в проточной воде. Далее обрабатывают в пассивирующем растворе 10%-ной хромовой кислоты, в которую вводят 20—25 г/л хромата кальция, 40 мин при температуре 20—40° С без циркуляции раствора. Затем опять промывают в проточной воде. Способ снижает коррозию латунных поверхностей при удалении металлических отложений с поверхности теплообменников.

4. Состав для очистки энергетического оборудования от накипи, ржавчины, окалины (% вес.). Трилон Б — 0,5—1,5; лимонная кислота — 0,5—1,5; гидразингидрат — 0,1—0,2; аммиак — до pH=7,0—9,0; вода — до 100%. Вместо лимонной кислоты можно вводить уксусную.

5. Наилучший эффект растворения продуктов коррозии на нержавеющей стали получают при очистке в растворе, содержащем трилон Б (1,5%), лимонную или уксусную кислоты (1,5%), гидразингидрат (0,1%) и аммиак (до pH=7,5). В течение 3—4 ч при температуре раствора 100° С трубы полностью очищаются от ржавчины без коррозии основного металла.

6. Для отмывки теплоэнергетического оборудования предлагается композиция, имеющая следующий состав (% вес.): трилон Б—0,5—1, гидроксиламин сернокислый—0,05—0,1; синтетическая виноградная кислота — 0,6—1,0; остальное — вода (до 100%).

Соотношение концентраций трилона Б и виноградной кислоты желательно брать в интервале (1 : 2) — (1 : 1), что позволяет поддерживать оптимальное значение pH отмывочного раствора на уровне 2,2—2,8 и переводить в раствор максимальное (по сравнению с ранее известными композициями) количество катионов (в первую очередь железа) из отложений.

Преимуществами композиции являются: высокие моющие свойства и большая универсальность, так как композиция может быть использована для отмывки железоокисных и медистых отложений;

низкое значение pH исходного раствора, ее буферность в процессе промывки, что повышает моющие свойства композиции;

способность переводить в растворимое состояние отложения, образовавшиеся в условиях воздействия водной среды, а также перегретого и насыщенного пара, что практически неосуществимо при использовании известных композиций.

Очистка внутренних поверхностей паровых котлов. Очистка от окислов железа с включениями металлической меди. 7. Ингибированная соляная кислота + бромид аммония. Очистка труб от магнетита (Fe_3O_4).

8. 2,5%-ная ингибированная соляная кислота+добавка бифторида аммония.

9. 1%-ная плавиковая кислота с последующей промывкой питательной водой, содержащей 200—400 мг/кг гидразина (N_2H_4).

10. Очистка котла от накипи и отложений. Лимонная кислота — 5,5; бифторид аммония — 1; ингибитор — 0,3.

11. Очистка котла после щелочения (%). Оксиуксусная кислота — 2; муравьиная кислота—1. t=93° С. Последующее пассивирование раствором 500 мг/кг гидразина и 10 мг/кг аммиака в конденсате.

12. Тринатрийфосфат — 5; смачиватель —0,1.

13. Эксплуатационная химическая очистка барабанных котлов (г/кг). Трилон Б — 5; малеиновый ангидрид — 5; гидроксиламин (хлористый или сернокислый) — 0,5.

Трилон и ангидрид растворяются отдельно в обессоленной воде или конденсате при 60—80° С. Гидроксиламин растворяется совместно с трилоном. На 1000 вес. ч. комплексонов выводится из котла 300 вес. ч. железа в виде комплексонатов.

14. Гидразинная очистка котлов от накипи (мг/кг). Содержание гидразина в котловой воде 2—3 сут — 0,15—0,2, затем на период очистки — до 0,6. Раствор подается вместе с фосфатирующим раствором. Длительность промывки 1 мес.

Циркуляционная очистка поверхностей нагрева прямоточных котлов (г/л):

	15	16
Трилон Б	5—5,7	2—3,85
Лимонная кислота	3,6—4,4	2,3—3,65
pH	5,8—6,4	4,3—5,75

t=80—100° С.

После очистки промывка обессоленной водой и нейтрализация водным раствором аммиака (до pH=8,5—9,3) 3—5 ч при 50—60° С, затем вытеснение обессоленной водой.

Удаление железоокисных отложений (г/л):

	17	18	19
Трилон Б	3—5	—	3—5
Лимонная кислота	3—5	3—5	—
Гидроксиламин сернокислый	0,3—0,5	0,3—0,5	0,3—0,5
ОП-7 или ОП-10	0,1	0,1	0,1
Углекислый аммоний	—	2—4	—
ЭДТК	—	3—5	—
Оксиэтиленаминоуксусная или диэтилентриаминопентануксусная кислота	—	—	0,3—0,5

20. Удаление щелочноземельных отложений (г/л). Трилон Б — 2,5; едкий натр — 0,22—0,55; ОП-7 или ОП-10—0,1; триэтаноламин — 0,2—0,5.

Для прямоточных котлов едкий натр заменять аммиаком до pH=8—9.

21. Удаление отложений, содержащих медь (г/л). Этилендиаминтетрауксусная кислота — 2—3; лимонная кислота — 2—3; аммиак 25%-ный — до pH=5—6; персульфат аммония — 0,1—0,2; ОП-7 или ОП-10 — 0,1.

22. Очистка внутренней поверхности труб от масляных загрязнений (г/л). Малеиновый ангидрид — 5; синтанол ДС-10 — 5. t=60—70° С; τ=1,5—2 ч; скорость циркуляции раствора в трубе — 1—2 м/с.

23. Очистка от высокотемпературного нагара (вес. ч.). Фосфорная кислота (1,7)— 57—60; серная кислота (1,84) — 34—28; кремнефторид натрия — 8—10; сернокислая медь — 1—2. Нагар удаляют при t=130—140° С в течение 10—20 мин. Расход состава — 250 мл/дм².

24. (% вес.) Азотная кислота — 83—77; фосфорная кислота — 17—23. Смесь применяют в разбавленном водой растворе концентрацией до 1,3%.

25. Аммиак — до pH 9—10; нитрит натрия — 0,1—10; трилон Б — 0,02—0,05.

Удаление накипи из систем охлаждения двигателей. 26. 2%-ная соляная кислота с 0,05% регулятора травления СК. Систему заливают раствором, выдерживают 15 мин, сливают, заливают свежим раствором, операцию повторяют 2—3 раза.

27. 6%-ная молочная кислота. t=30—40° С. Выдержка 30 мин — 3 ч. Рекомендуется заливать в горячий блок цилиндров. Конец травления определяется по прекращению газовыделения.

28. 2%-ный раствор хромового ангидрида. t=50° С. Выдерживают в системе 8 ч, затем промывают ее горячей водой.

29. 3—5%-ный раствор уксусной кислоты. Систему заполняют и запуском двигателя нагревают раствор до t=70—75° С. После слива трехкратно промывают систему 3%-ным раствором соды, затем горячей водой.

30. 5—10%-ный раствор соды или 2—4%-ный раствор тринатрийфосфата. После залива запускают двигатель и через 10—30 мин раствор сливают и промывают систему чистой водой.

г/л

31. Гексаметафосфат натрия — 2; ОП-7 или ОП-10 — 1. t=70° С; τ=1 ч. Затем промывка водой.

32. Трилон Б — 5; ОП-7—1—3. t = 90—100° С. Промывать двукратно.

33. ОП-7 — 1; лимонная кислота — 30; аммиак — до pH=4. t=90—100° С. Промывать двукратно.

Удаление накипи из блоков автомобильных двигателей. **34.** Из чугунных блоков: 5—10%-ный раствор едкого натра или 3—5%-ный раствор тринатрийфосфата. t=60—70° С.

35. Из алюминиевых блоков. Фосфорная кислота — 100; хромовый ангидрид — 50. t=60—70° С.

36. Из радиаторов: 2—3%-ный раствор едкого натра.

3.6. ОЧИСТКА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ПРОТИРАНИЕМ

Составы для очистки поверхности металлических изделий протиранием могут применяться в форме паст, эмульсий, растворов, порошков и твердых тел. Пасты изготовляются и на жировых и на водных связующих.

Широко применяются различные твердые композиции (бруски, плитки) и порошки, используемые без добавления воды, либо с незначительным увлажнением. Порошкообразные составы измельчают и просеивают.

Составы, содержащие мыло, формуются замешиванием на растворе (или расплаве) мыла в воде и отливаются в бруски или плитки.

Для чистки металлических поверхностей применимы также различные шлифовально-полировальные пасты (см. гл. III).

Составы для очистки поверхности металлов протиранием (вес. ч.). **1.** Декстрин — 120; кальций углекислый — 400; кремнезем аморфный — 140; магний углекислый — 60.

2. Вода — 100; калий виннокислый кислый — 40; кальций углекислый — 100; мыло — 600; окись магния — 60.

3. Аммоний углекислый —20; вода —100; крокус красный — 80; мыло — 850.

4. Кремнезем аморфный —380; олеин — 500; стеарин — 120.

5. Винная кислота — 60; вода — 100; кальций углекислый—60; кремнезем аморфный — 60; мыло — 500; окись магния — 60.

6. Кальций углекислый — 80; лимонная кислота — 80; окись магния — 70; трепел — 60.

7. Кальций углекислый — 600; окись магния — 400.

8. Вода — 100; кальций углекислый — 500; мыло — 300; щавелевая кислота — 150.

9. Кальций углекислый — 100; кремнезем аморфный — 780; крокус красный — 120.

10. Состав для чистки меди. Гипс жженый — 100; кремнезем аморфный — 400; сульфат натрия — 300; трепел — 200.

11. Калий виннокислый кислый — 400; кремнезем аморфный — 400; крокус красный — 200.

12. Кремнезем аморфный — 450; крокус красный — 380; окись магния — 170.

13. (% вес.). Мел — 30; тиокарбамид — 4; КМЦ — 1,5; мыло хозяйственное — 5; вода — до 100%.

14. (% вес.). Синтетические жирные кислоты — 8; едкий натр — 2; сода кальцинированная — 4; глина — 21; глицерин — 3; вода — до 100%.

15. Вазелин технический — 500 г; керосин — 100 г; мел (порошок) — 200 г; кремнезем — 200 г; пемза (порошок) — 100 г. Растереть совместно.

16. Олеин — 150 г; стеарин — 150 г; церезин — 50 г. Расплавить, добавить 300 г технического вазелина и хорошо перемешать, затем ввести 300 г мела и 200 г кремнезема и снова перемешать.

17. (% вес.). Кислота щавелевая — 2,4; спирт этиловый — 3,8; аммиак 25%-ный —3; мыло 60%-ное — 2,7; диатомит — 27; ОП-7 — 5,7; вода — до 100%.

18. В 600 мл воды при 70° С растворить при перемешивании 25 г щавелевой кислоты, 25 мл спирта, 300 мл аммиака 4%-ного, 65 г олеина. В раствор добавить 150 г каолина и 150 г кремнезема. Перемешать.

19. Смешать 300 г отмученного мела и 30 г олеина. При помешивании влить 300 мл спирта. В смесь добавить 150 мл воды и 150 мл аммиака (25%). Перемешать.

20. Эмульсия (% вес.): бензин — 70; каолин — 15; триэтаноламинолеиновая кислота, бутилацетат, аммиачная 8%-ная вода — 15.

21. К раствору 60 г щавелевой кислоты в 800 мл воды добавить 150 г мелко измельченного диатомита и перемешать.

22. 80 г тиокарбамида и 10 г ПАВ растворяют в 860 мл воды, затем добавляют при перемешивании 60 г соляной кислоты (ρ=1,19). После отстоя и осветления раствор сливают и используют для работы.

23. 200 г мыла и 20 г картофельного крахмала замешивают с 250 мл воды до однородной массы, затем при перемешивании всыпают 400 г порошка пемзы, 80 г порошка карбида кремния и 80 г красного крокуса.

24. Состав для очистки твердых поверхностей (керамической, стеклянной, металлической) (% вес.). Алкилсульфат — 2,3; триполифосфат натрия — 2; олеиновая кислота — 4,5; триэтаноламин — 1; полиметилсилоксановая жидкость—2; диатомит—13,5; окись алюминия — 4; уайт-спирит или скипидар — 11; парфюмерная отдушка — 0,2; остальное — вода до 100%. Здесь водоотталкивающим веществом является полиметилсилоксановая жидкость, а абразивом — окись алюминия в сочетании с диатомитом.

Паста, наносимая влажной тряпочкой на твердую поверхность, очищает ее от грязи и образует блестящую пленку.

25. Расплавить 10 г парафина, 200 г олеина и 200 г животного жира. В расплав по частям при перемешивании добавить 500 г отмученного мела.

26. Смешать: масло талловое — 36 г; скипидар — 36 г; аммиак — 38 г; вода — 360 мл. Растереть с этой смесью порошки:

Таблица 13.4

НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВОВ (1) — (26) ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОТИРАНИЕМ

Назначение	№ состава
Универсальные составы для металлических и неметаллических поверхностей	1, 2, 3, 4, 13, 14, 15, 16, 23, 24
Для стали и железа	26
Для цветных металлов	17, 18, 19, 20, 25
Для меди и латуни	10, 11, 21
Для серебра	8, 9, 22
Для алюминия	5, 6, 7
Для никеля	12

углекислого кальция — 120, карбида кремния (через сито № 300) — 200, тонкого стеклянного порошка — 120; порошка графита — 80.

К неводным составам относятся органические растворители, эмульсионные составы, расплавы солей. Каждая группа составов имеет свои области эффективного применения.

4. ОРГАНИЧЕСКИЕ РАСТВОРИТЕЛИ

Органические растворители — вещества различной химической природы, в основном жидкие углеводороды и их производные. Применение их при очистке основано на способности физически растворять вещества жирового характера, масла и смолы, удаляя с обрабатываемой поверхности.

Очистка может производиться погружением (окунанием) в холодный или горячий растворитель, помещением в конденсирующиеся пары растворителя, струйно и другими приемами. В большинстве своем органические растворители относительно дороги и токсичны при длительном контакте, чем обусловливается постепенное сокращение масштабов их применения и переход к водным, более дешевым и менее вредным растворам.

Однако в ряде случаев, например при очистке точных механизмов без разборки, очистке оптических деталей, удалении лаковых пленок и т. п., органические растворители незаменимы.

Преимущественное применение в современной технике имеют при этом негорючие малотоксичные хлорированные и фторированные углеводороды (трихлорэтилен, пентахлорэтан, фреоны и т. п.).

На практике также часто применяют не чистые растворители, а их смеси. Некоторые их составы приводятся ниже (% вес.).

1. Смесь РС-1 для растворения акрилатных, меламиноформальдегидных и перхлорвиниловых смол. Бутилацетат — 30; ксилол — 10; толуол — 60.

2. Смесь РС-2 для растворения глифталевых и пентафталевых смол. Ксилол — 30; уайт-спирит — 70.

3. Смесь Р-4 для растворения винилиденхлоридных и перхлорвиниловых смол. Бутилацетат — 12; толуол — 62; ацетон—26.

4. Смесь Р-5 для растворения акрилатных, перхлорвиниловых и эпоксидных смол. Ацетон — 30; бутилацетат — 30; ксилол—40.

5. Смесь Р-14 для растворения полиуретановых смол. Толуол — 50; циклогексанон — 50.

6. Смесь РДВ для растворения нитроцеллюлозных смол. Ацетон — 3; бутилацетат — 18; бутанол — 10; спирт этиловый — 10; толуол — 50.

7. Смесь № 646 для растворения нитроцеллюлозных смол. Ацетон — 5; бутанол — 15—25; бутилацетат — 12,5; спирт этиловый — 17,5; толуол — 40—50.

8. Смесь № 648 для растворения акрилатных и нитроцеллюлозных смол. Бутанол — 20; бутилацетат — 50; спирт этиловый — 10; толуол — 20.

В ряде случаев применяют более сложные моющие растворы на неводных растворителях. Например, составы типа АМ-15 ВНИИЖ (% вес.).

9. Состав АМ-15К. Ализариновое масло — 22—28; ксилол нефтяной — 70—76; смачиватель ОС-20 — 2. $\rho = 0{,}896$ г/см^3; $\eta = 8$—12 сСт; интервал кипения — 96—220° С.

10. Состав АМ-15W$_к$. Ализариновое масло — 22—28; ксилол нефтяной — 40—46; смачиватель ОС-20 — 2; уайт-спирит — 30. $\rho = 0{,}873$ г/см^3; $\eta = 14$—16 сСт; интервал кипения — 96—220° С.

11. Состав АМ-15W$_с$. Ксилол нефтяной — 65—68; МСК-15 — 2,5; уайт-спирит — 30. $\rho = 0{,}843$ г/см^3; $\eta = 1{,}8$—2,0 сСт; интервал кипения — 144—210° С.

12. Состав АМ-15$_{з.с}$. МСК-15 — 2—5; фракция высших ароматических углеводородов (заксилольная) — 95—98. $\rho = 0{,}888$ г/см^3; $\eta = 1{,}5$—2,0 сСт; интервал кипения — 159—189° С.

АМ-15К и АМ-15W$_с$ рекомендуются для промывки (лучше с ультразвуком) масляных фильтров грубой очистки, очистки деталей двигателей; АМ-15 W$_с$, АМ-15$_{з.с}$ и АМ-15 W$_к$ — для механизированной мойки танков нефтеналивных судов от высоковязких мазутов.

Очистка деталей в ваннах при $t = 18$—25° С — 30 мин, затем ополаскивание в моечной машине 0,5—1%-ным раствором «Тракторина» при 85—80° С.

5. ЭМУЛЬСИОННЫЕ СОСТАВЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ И МОЙКИ

Для удаления сложных загрязнений, когда только щелочные водные растворы или органические растворители недостаточны, применяются комбинированные составы — эмульсии, состоящие из двух фаз — водной и неводной (обычно углеводороды и их производные).

Ниже приводится несколько рецептов эмульсионных составов (% вес.).

1. Аммиак (25%-ный) — 3,25; асидол — 3,25; вода — 27,0; керосин — 66,5.

2. Вода — 20—40; керосин — 58—78; ОП-4 — 2.

3. Вода — 18—38; керосин — 60—80; ОП-7 или ОП-10 — 2.

Составы (1)—(3) (МС-1 — МС-4) концентраты перед употреблением разбавляются водой до рабочей концентрации.

Марки составов: (1) — МС-1; (2) — МС-2; (3) — с ОП-7 — МС-3; с ОП-10 — МС-4.

4. Вода — до 100%; ДС-РАС натриевый — 1,5—2; ингибитор — 0,2—0,3; ОП-7, ОП-10 — 0,75—1,0; пирофосфат натрия — 0,5; трихлорэтилен — 2—30. При струйной обработке содержание трихлорэтилена — до 10%. t=20—35° С; p=1—1,5 атм; τ = 1,5—2,5 мин.

5. (вес. ч.) Керосин — 80—89; кислота олеиновая — 7—7,2; трикрезол — 1; триэтаноламин — 3,8—4. Для работы концентрат эмульгируют водой в отношении 1 : 10—1 : 50; при 1 : 10 — очистка 0,5—3 мин.

6. (мл). Вода — 40; жидкое стекло — 2; масло карболовое — 200; сульфонат — 60; трикрезол—60; трихлорэтилен—500; эмульгатор (например, жидкое мыло) — 180.

Легкие загрязнения удаляются за 0,5 мин, толстые жировые пленки — за 10—20 мин.

7. (мл). Вода — 85; жидкое стекло — 5; масло карболовое — 540; олеиновая кислота — 6; сульфонат — 60; эмульгатор (например, жидкое мыло) — 300. Для работы разбавить водой 1 : 1 — 1 : 2. t=80—90° С.

Промывка горячей водой (г/л):

	8	9
Жидкое стекло	30—50	30—50
Керосин	30—50	30—50
ОП-7	5—10	2—3
Сода кальцинированная	35—45	30—50

Состав (8) — для стальных деталей с явной жировой пленкой. Состав (9) — для деталей из цинка перед химическим пассивированием. t=60—70° С; τ=1 мин.

10. Очистка поверхности от тяжелых остатков мазута (% вес.). Вода — до 100; керосин — 45—50; натриевые соли алкилбензолсульфокислот — 5—7; полиэтиленгликолевые эфиры дитретичных бутилфенолов — 5—7.

11. (г/л). Вода — 1000; натрия нитрит — 10—15; ПАВ — 2—50; тринатрийфосфат — 40—60; углеводородный раствор маслорастворимого ингибитора — 150—938. (Повышение качества очистки и защита от коррозии.)

Кроме перечисленных выше в литературе описывается большое число других составов, некоторые из них приводятся ниже.

12. Для очистки металлических изделий от жировых и водорастворимых загрязнений предлагается водный раствор поверхностно-активного вещества при соотношении водной и углеводородной фаз, равном соответственно (5—1) : (1—2) и следующем содержании компонентов (г/л): поверхностно-активное вещество — 2—50; маслорастворимый ингибитор — 10—40.

Это позволяет одновременно осуществлять очистку поверхности металлических изделий от жировых и водорастворимых загрязнений и обеспечивает защиту поверхности изделий от коррозии.

В качестве поверхностно-активных веществ могут быть использованы ДС-РАС, сульфонол, СВ-133, в качестве углеводородных растворителей — бензин, керосин, уайт-спирит и др., а в качестве маслорастворимых ингибиторов—МСДА-11, АКОР-2, продукт реакции ланолина с аминами.

Устойчивость раствора колеблется в пределах от 2 до 24 ч. После расслаивания раствор восстанавливают легким перемешиванием. Изделия из черных металлов и бронзы, латуни, дюраля после промывки в предложенном растворе защищены от коррозии на 6 мес.

13. Отмыв стенок емкостей от тяжелых нефтяных остатков и ржавчины (% вес.). Сульфонол НП-1 — 1,5—2; сульфонол НП-5 — 3—2,5; кальцинированная сода — 30. t=29—32° С; жидкое стекло — 15,51; хлористый метилен — до 100%.

Таблица 13.5

ОСНОВНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВОВ (1) — (13)

Основное назначение состава	№ состава
Мойка сильно загрязненных деталей	1, 2, 3
Струйная очистка стальных деталей	4
Универсальные составы для очистки	5, 6, 7, 11
Очистка от тяжелых остатков мазута	10, 13
Очистка деталей из цинка	9
Очистка стальных деталей	11, 12
Очистка цветных металлов	12

Для приготовления композиции сульфонол НП-1 смешивают с сульфонолом НП-5, затем с кальцинированной содой и жидким стеклом. Механическим перемешиванием получают стойкую эмульсию с высокой моющей и очищающей способностью.

Прокачивая моющее средство через топливные танки, достигают высокоэффективной их очистки без предварительных операций (пропарки, выборки остатков и т. п.), которые совершенно необходимы при очистке многими моющими средствами. Предлагаемое моющее средство полностью исключает применение ручного труда. После слива моющего раствора днище отсека, на котором осела пена, ополаскивают холодной водой при 15° С.

6. СОСТАВЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ В РАСПЛАВАХ СОЛЕЙ

Очистка поверхности металлов от прочно сцепленных неметаллических пленок (окалины, ржавчины, лакокрасочных покрытий, пригара и т. п.) эффективно производится погружением очищаемых деталей в химически активные расплавы некоторых солей и щелочей, нагретые до высокой температуры. Пропускание электрического тока часто интенсифицирует процесс очистки. Несмотря на определенную производственную опасность работы с распла-

вами, их применение при очистке достаточно распространено и при строгом соблюдении правил техники безопасности носит характер нормального технологического процесса.

Ниже приводятся некоторые составы для очистки поверхности металлов в расплавах (% вес.). Основные назначения указаны в табл. 13.6.

1. Кальций хлористый — 80; натрий хлористый — 20. $t_{раб}$ = 700—750° С; τ = 10—20 мин. В расплав электролитически вводят металлический кальций при $D_а$ = 1 А/см²; t = 620° С.

2. Бура обезвоженная — 20—30; едкое кали — 60—50; едкий натр — 40—50. $t_{раб}$ = 480—550° С; τ = 10—40 мин.

3. Едкое кали — 50; едкий натр — 50. $t_{раб}$ = 300° С.

Продолжительность очистки зависит от температуры образования окалины. Сплав ВТ-1, окисленный при 700° С, очищается за 10 мин; при 800° С — за 30 мин. Потеря металла — 5—6 г/м² для окисленных при 700° С и 13—19 г/м² — для окисленных при 800° С. Применим для сплавов ВТ-1, СТ-4, ВТ-6 и др.

4. Гидрид натрия — 3; едкий натр — 60—70; хлористый натрий — 27—37.

Таблица 13.6

НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВОВ (1) — (27) ДЛЯ ОЧИСТКИ МЕТАЛЛОВ В РАСПЛАВАХ СОЛЕЙ

Объект очистки	№ состава
Медь	24
Никель и его сплавы	2, 4, 20, 24, 27
Сталь:	
борсодержащая	22
высоколегированная	5, 14, 16, 17, 22, 26
высокохромистая	21
углеродистая	1, 6—13, 16, 17, 19, 26
Титан и его сплавы	3, 15, 18

В ванну загружают едкий натр, после расплавления вводят хлористый натрий, прокаливают при 450° С и дообезвоживают металлическим натрием (осторожно!). При 370—400° С с помощью генератора гидрида или добавкой гидридного продукта (смесь NaH и NaOH) образуют нужную концентрацию гидрида. τ = 2—3 мин.

5. Едкий натр—60—70; натрий азотнокислый—20—25; натрий хлористый—5—10. $t_{раб}$=400—500° С; $D_а$=5 А/дм².

После анодной обработки в расплаве изделие проходит катодом в 5—10%-ном растворе хлористого натрия. t=20—50° С; $D_к$=5 А/дм².

6. Едкий натр—100. $t_{раб}$=450—500° С; τ=3—30 мин.

7. Едкий натр—90—95; натрий хлористый—5—10. t=450—500°; $D_к$=10—15 А/дм².

8. Кальцинированная сода—2; едкий натр—92; натрий фтористый—1; натрий хлористый—5. $t_{раб}$=450° С; $D_к$=5 А/дм².

9. Едкое кали—75; едкий натр—25. $t_{раб}$=180—200° С; $D_а$=5—10 А/дм².

10. Кальций хлористый—2; едкий натр—98.

11. Бура—1—15; едкий натр—75—95; натрий фтористый—1—15; натрий хлористый—1—10. $t_{раб}$=450° С.

12. Едкое кали—20—30; едкий натр—70—80. $t_{раб}$=450—480° С; $D_к$=15 А/дм².

13. Едкое кали—70—75; карбид кальция—0,1—0,2; едкий натр—25—30. $t_{раб}$ = 180—400° С; $D_к$ = 5—10 А/дм²; τ = 5—20 мин.

14. Едкий натр—65—75; натрий азотнокислый—20—30; натрий хлористый—3—5. $t_{раб}$=400—470° С; τ=20—60 мин.

15. Бура—5; едкое кали—47,5; едкий натр—47,5. $t_{раб}$=400—450° С; τ=5—30 мин (Для сплавов ВТ-5; ВТ-6с, ОТ-1, ВТ-1). Травление в растворе: 100 г/л азотной+40 г/л плавиковой кислоты. t=20—30° С, τ=0,5—1 мин.

16. Едкий натр—93; натрий хлористый—7. $t_{раб}$ = 420—440° С; $D_к$ = 1—5 А/дм²; τ = 10—30 мин.

Перлитная сталь 12ХМА—$D_к$ = 1—3 А/дм²; τ = 10—15 мин; мартенситно-ферритная сталь ЭИ756—$D_к$=3—5 А/дм²; τ=20—30 мин; аустенитная сталь ЭП184—$D_к$=3—5 А/дм²; τ=20—30 мин. Осветление 3—5 мин в 62%-ной серной кислоте при t=60° С 25 мин; аустенитная сталь ЭП17—$D_к$=3—5 А/дм²; τ = 15—20 мин; осветление то же.

17. Едкий натр—80; натрий азотнокислый—20. $t_{раб}$ = 420—450° С; τ=20—60 мин.

Для стали Х18Н10Т. После промывки травить в 10—23%-ной серной кислоте при $t_{раб}$ = 45—60° С; τ = 3—5 мин. Промыть, осветлить в 10—15%-ной азотной кислоте при t=45—60° С; τ=2—3 мин.

18. Едкий натр—70—75; натрий азотнокислый—20—25; натрий хлористый — 5 $t_{раб}$=430—450° С; τ=60 мин. Затем кислотное травление в смеси (% вес.): азотная кислота—8—10 + плавиковая кислота—2—2,5. τ=30—40 с.

19. Гидрид натрия—0,8—1,5; едкий натр—до 100. $t_{раб}$ = 370—390° С; τ=10—15 мин. Труднотравимая окалина на сталях удаляется при t = 350—400° С. Сплавы титана—при $t_{раб}$ = 350—370° С, 8—15 мин, затем производят осветление HNO_3 10% + +HF 2—3%.

20. Гидрид натрия—1,2—1,6; едкий натр—до 100%. $t_{раб}$=380—400° С; τ = 15—25 мин.

21. Гидрид натрия — 1,8—2,2; едкий натр — до 100%. $t_{раб}$=320—340° С; τ=15—20 мин. Шлам удаляется в растворе бихромата калия в азотной кислоте. Осветление в 20%-ной соляной кислоте.

22. Едкий натр — 80; натрий азотнокислый — 20. $t_{раб}$ = 420—450° С; τ = 60 мин. Затем холодная промывка, нейтрализация в 18—20%-ной серной кислоте, промывка под давлением.

23. Кратковременное погружение в расплав едкого натра при 400—500° С; обработка в расплаве металлического натрия при $t_{раб}$ = 500° С; τ = 5—10 с.

24. Бура — 3—7,4; едкий натр — 92—95,5; порошок железа — 0,6—1,5. $t_{раб}$=450—550° С. Непрерывное барботирование водяным паром.

25. Расплав пониженной вязкости для травления металлов и сплавов. Алюминий (окись) — 37—72; барий (окись) — 5—12; бор (окись) — 10—25; железо (окись) — 0,5—12; кальций и магний (сумма окисей) — 1—7,5; калий и натрий (сумма окисей) — 14—25; литий (окись) — 1—6.

26. Низкотемпературный расплав для очистки литья, поковок, штамповок и термообработанных деталей (г). Температура отпуска — до 190° С. Вода—400—300; едкий натр — 598—695; сегнетова соль — 3—5. $t_{раб}$=160—170° С.

27. Очистка сплавов никеля. Едкое кали — 60—50; едкий натр — 40—50; бура безводная — 20—30.

По следующим режимам:

	t, °C	τ, мин
Алюмель	400—550	15
Никель	480—500	10
Хромель	550	40
Константан	460—550	10
Никель марганцовистый	500—550	10

Раздел второй

Составы для мойки, очистки, обезжиривания и травления поверхности неметаллических изделий

7. СОСТАВЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАСТМАСС

Широкое применение пластических масс в современной промышленности и в быту повлекло за собой возникновение и распространение многих новых технологических операций и процессов, в том числе обработки поверхности деталей и изделий из пластмасс.

Определенное место среди этих процессов занимает очистка поверхности пластмасс от загрязнений и травление ее для облегчения адгезии различных покрытий. Хотя объем этих операций относительно невелик, обработка поверхности пластмасс зачастую представляет собой более сложную задачу, чем обработка металлических поверхностей.

Рецепты некоторых составов для очистки и травления пластмасс приводятся ниже. Органические растворители для обезжиривания пластмасс даны в табл. 13.7.

Таблица 13.7

ОРГАНИЧЕСКИЕ РАСТВОРИТЕЛИ ДЛЯ ОБЕЗЖИРИВАНИЯ ПЛАСТМАСС

Пластмасса	Ацетон	Бензин	Метиловый спирт	Ксилол	Петролейный эфир	Трихлорэтилен	Уайт-спирит	Фреоны	Четыреххлористый углерод	Этиловый спирт
Аминопласты			+							
Полиакрилаты			+							
Полиамиды		+				+				
Поливинилхлорид	+		+			+				+
Поликарбонат			+			+				
Полиметилметакрилат			+					+	+	
Полиолефины	+			+						
Полистирол			+			+				+
Полиформальдегид	+									
Полиэфиры	+									
Сополимеры стирола					+	+				+
Фенопласты	+		+			+	+			
Фторопласты	+									
Эпоксидные смолы	+		+							

7.1. ОБЕЗЖИРИВАНИЕ ПЛАСТМАСС

Таблица 13.8

СОСТАВЫ ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ОБЕЗЖИРИВАНИЯ ПЛАСТМАСС (Г/Л)

Состав	1	2	3	4	5	6	7
Тринатрийфосфат	20	—	20	—	19	—	—
Углекислый натрий	—	10	20	—	—	2	2
ПАВ*	20	3	3	10	2,5	2	2
$t_{раб}$, °C	30—40	60—70	60	18—22	18—22	80—90	70—80
τ, мин	15	10	15	1—10	2—3	20—30	30—60

* ПАВ в растворе (1) — некаль; (2), (3), (4), (7) — ОП-10; (5) — ОП-7; (6) — ОП-10 или анионоактивное ПАВ. Раствор (5) — для ПХВ; (6) — для полиамидов; (7) — для полиолефинов.

8. Обезжиривание полиэфиров (г/л). Раствор аммиака 25%-ный — 1; мыло — 2.

9. Обезжиривание щелочеустойчивых пластмасс (г/л). Натр едкий — 80; контакт Петрова — 40. t=70—80° С; τ=2—3 мин.

10. Удаление разделительных смазок (касторовое масло, стеарат цинка) с поверхности полистирола (% об.). Этиловый спирт — 50; этилацетат — 25; бутиловый спирт — 15; целлозольв — 10.

11. Удаление силиконовых разделительных смазок. 2%-ный раствор углекислого натрия в метиловом спирте с небольшой добавкой смачивателя.

7.2. ТРАВЛЕНИЕ ПЛАСТМАСС

Таблица 13.9

СОСТАВЫ ДЛЯ ТРАВЛЕНИЯ ПОЛИОЛЕФИНОВ

Состав	1	2	3	4	5	6	7
Бихромат калия	85	20	40	75	80	20	40
Серная кислота (1,84)	915	930	890	880	800	770	740
Вода	—	50	70	45	120	210	250
$t_{раб}$, °С	50	75	70	50—70	30—70	—	70—75
τ, мин	3	5—15	1—5	1—5	0,1—1000	—	До 2

8. Травление (гидрофилизация) полиэтилена (% вес.). Вода — 8; калия перманганат — 0,1; серная кислота — 89.8; хромовый ангидрид — 2; ПАВ — 0,95.

9. Травление полипропилена перед металлизацией (вес. ч.). Бихромат натрия — 6,5; серная кислота (1,84) — 93,5. t=20° С; τ=5 мин.

10. Травление полистирола. Серная кислота — 950 мл; персульфат калия — 3 г; серебро азотнокислое—3 г. τ=0,2—0,5 мин.

Таблица 13.10

СОСТАВЫ ДЛЯ ТРАВЛЕНИЯ СОПОЛИМЕРОВ СТИРОЛА

Состав	11	12	13	14	15	16	17
Бихромат калия	40	47	29	65	220	20	46
Серная кислота (1,84)	830	825	830	800	670	610	480
Вода	130	128	144	135	110	180	160
$t_{раб}$, °С	40—70	60—80	50—60	20—80	50—60	80	65—75
τ, мин	5—60	3—45	0,3—5	—	15—25	25	5—15

Добавки: в (11) — по 2 г/л сульфатов меди и железа; в (16) — 190 г концентрированной фосфорной кислоты.

18. Травление АВС сополимеров. Бихромат калия — 5—25; вода — 350—400; серная кислота (1,84) — 450—550; фосфорная кислота (1,7) — 150—200. τ=10—20 мин; t=60° С.

Таблица 13.11

СОСТАВЫ ДЛЯ ТРАВЛЕНИЯ ЭПОКСИДНЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ

Состав	19	20	21
Вода	16—40	—	—
Плавиковая кислота (70%-ная)	8—18	1	25—31
Серная кислота (1,84)	55—75	2	30—45
Фторсульфоновая кислота	—	—	14—24
$t_{раб}$, °С	50—70	57—61	40—64
τ, с	—	15—90	15—90

Оптимальное содержание воды, когда скорости травления смолы и стекла одинаковы: 18—30%, 27% и 14% при соотношении соответственно 6, 3 и 9.

Таблица 13.12

СОСТАВЫ ДЛЯ ТРАВЛЕНИЯ СОПОЛИМЕРОВ СТИРОЛА

Состав	22	23	24	25	26	27	28
Хромовый ангидрид	15	24	6	70	270	280	350
Серная кислота (1,84)	855	780	620	230	190	160	155
Вода	100	196	220	700	540	560	380
$t_{раб}$, °C	57	60–70	60–70	20–70	20	60	50–60
τ, мин	2	5	0,3–45	1–30	—	—	5–6

Добавки: в (22) — 0,01—0,2 г/л ПАВ; в (24) — 154 г концентрированной фосфорной кислоты; в (28)—112 г концентрированной фосфорной кислоты и 3 г/л сульфата меди.

Таблица 13.13

СОСТАВЫ ДЛЯ ТРАВЛЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИАЦЕТАЛЕЙ (САТИНИЗАТОРЫ)

Состав	29	30	31	32	33
Вода	—	—	—	95,0	89,4
Диоксан	3,0	3,0	3,0	—	—
Кварцевый песок	—	—	—	2,0	—
Кизельгур (диатомит)	1,0	0,5	—	2,0	0,5
ПАВ	—	—	—	0,1	0,1
Перхлорэтилен	97,5	96,5	96,5	—	—
п-толуолсульфокислота	0,3	0,3	0,3	0,9	—
Фосфорная кислота	—	—	—	—	10,0
$t_{раб}$, °C	90	100	120	90	120
τ, с	30	5	10	60	65

Травление полиэтилентерефталата (лавсана). **34.** Бихромат натрия — 40,6 г; серная кислота (1,84) — 770 мл; вода — 210 мл. t=85—95° С; τ=5—10 с. Затем промывка горячей водой и 3,5%-ным раствором при t=95—100° С.

35. Едкий натр — 200 г/л; пропиленгликоль — 150 мл/л. t=80—85° С; τ=3 мин.

Травление фенопластов (г/л). **36.** Хромовый ангидрид — 10; серная кислота — 32.

37. Серная кислота — 1000 мл; азотная кислота — 500 мл; соляная кислота — 3 мл; вода — 120 мл.

38. Травление триацетатцеллюлозы. Соляная кислота — 3 ч; серная кислота — 1 ч. τ=10—20 мин. После травления промывка водой или 10%-ным раствором Na_2CO_3.

39. Травление поливинилхлорида. Гидрохинон — 100 г; пирокатехин — 25 г; ацетон — 1000 мл. τ=3 мин.

8. СОСТАВЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ СИЛИКАТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наряду с металлическими изделиями и изделиями из пластмасс широкое применение в промышленности и в быту имеют изделия из силикатных материалов — стекла, керамики, фаянса, фарфора, ситаллов.

8.1. ОЧИСТКА ИЗДЕЛИЙ ИЗ СТЕКЛА, КЕРАМИКИ, ФАРФОРА

Очистку стекла, керамики, фарфора и тому подобных материалов от жировых загрязнений можно проводить любым пригодным органическим растворителем — бензином, четыреххлористым углеродом, трихлорэтиленом, ацетоном и т. д. При незначительных жировых загрязнениях применяют в основном спирто-водные и водные растворы различной рецептуры. Некоторые из них приводятся ниже.

Составы для очистки стекол и изделий из стекла и фарфора (% вес.) (указаны товарные названия составов, присвоенные им при промышленном выпуске).

1. «Нитхинол». Вода — до 100%; краситель метиленовый голубой — 0,01; «Прогресс» — 3; спирт этиловый — 80; уксусная кислота — 0,5.

2. «Быстрый». Изопропиловый спирт — 91,8; краситель зеленый — 0,1; олефинсульфат — 7,6; уксусная кислота — 0,6.

Составы «Эврика». **3.** Краситель метиленовый голубой — 0,1; натрия сульфат — 15; «Прогресс» — 49,9; триполифосфат натрия — 30; щавелевая кислота — 5.

4. Алкилсульфат (паста) — 39,9 — 25; калия сульфат — 30; краситель метиленовый голубой—0,1; триполифосфат натрия— 25; щавелевая кислота — 5.

5. «Восход». Вода — до 100%; краситель метиленовый голубой — 0,13; перлит обожженный — 57; сульфоиол НП-1 — 38,6; щавелевая кислота — 3,2.

6. «Стеклоочиститель». Вода — до 100; краситель метиленовый голубой — 0,2; спирт этиловый — 97,8; уксусная кислота — 0,5.

7. Состав для очистки стекол. Спирт этиловый—50—55; этилсиликат 40 — 7; этилсиликат 32 — 38—43.

Пятна и местные загрязнения со стекла, керамики, фарфора можно также удалять протиркой одним из следующих составов:

8. Перекись водорода — 10—30%; вода — 70—90.

9. Натрий углекислый — 150 г; гипохлорит кальция — 60 г; калия оксалат — 5 г; вода — до 1000 мл.

10. Гипохлорит натрия — 250 г; вода горячая — 1000 мл.

11. Хлорная известь — 50 г; углекислый калий или натрий — 50 г; вода — 1250 мл. Употреблять через 2—3 дня после смешения чистый зеленый раствор, слитый с осадка.

12. Кальций углекислый — 250 г; спирт этиловый — 500 мл; вода — 100 мл; аммиак — 100 мл. Употреблять состав в виде пасты.

13. Очистка оконных стекол, зеркал, хрусталя (% вес.). Аммоний углекислый — 0,5—2,5; ацетон технический — 5,0—25,0; изоамилацетат — 0,5—1,0; спирт этиловый — 45,0—65,0; краситель кислотный ярко-голубой К для чернил — 0,001—0,005; вода — до 100%. Состав применим до температуры —40° С, поэтому может использоваться для очистки наружных стекол сооружений и транспортных средств в зимнее время.

14. Простейшей пастой для очистки стекол является смесь кремнезема и отмученного мела в соотношении 1 : 2, растираемая с водой до нужной густоты.

8.2. СОСТАВЫ ПРОТИВ ЗАПОТЕВАНИЯ СТЕКОЛ

Составы, предотвращающие запотевание стекол в зданиях, в транспортных средствах, смотровых стекол, очков и т. д., применяются в виде жидкостей, паст или карандашей, которыми с помощью мягкой ткани протираются стекла для образования на них тончайшей пленки состава.

Жидкие составы часто содержат ПАВ, касторовое масло, аммиачную воду, спирты, камфору. Для паст и твердых составов дополнительно вводят загустители — натриевые и калиевые мыла олеиновой и стеариновой кислот, карбоксиметилцеллюлозу и др.

Жидкие составы, выпускаемые под марками ПК-10 и ПК-1, имеют следующее содержание компонентов (% вес.):

	ПК-10	ПК-1
Бура техническая	0,2	0,3
Вода аммиачная	0,2	0,3
Вода дистиллированная	До 100	До 100
Казеин кислотный	1,0	1,0
ОП-7	10,0	10,0
Спирт этиловый	40,3	0,3
Фенол	0,3	0,3

В табл. 13.14 приводится несколько составов, обеспечивающих получение прозрачной и стойкой пленки.

Паста ПС-1, длительно предохраняющая стекла от запотевания, имеет состав (в %): терпинеол — 0,3; глицерин — 5,0; мыльный порошок — 15,0.

Налет льда с поверхности смотровых или оконных стекол удаляют протиранием стекла до прояснения и высыхания следующим составом (% вес.): этиленгликоль — 30,0; спирт изопропиловый или этиловый — 64,75; ОП-7 — 5,0; отдушка — 0,25.

Таблица 13.14

СОСТАВЫ ПРОТИВ ЗАПОТЕВАНИЯ СТЕКОЛ (% ВЕС.)

Компоненты	Жидкий	Паста	Твердый
Ализариновое масло	8—15	10—12	8—10
Вода	71,8—40	43,5—17,5	42,5—10,5
КМЦ	—	3—6	3—5
Натрий бензойнокислый	0,5—1,5	0,5—1,5	0,5—1,5
Олеиновая кислота	—	10—15	15—20
ПАВ	10—20	15—20	10—15
Стеариновая кислота	—	4—5	10—20
Четвертичное аммониевое соединение	1—2	1—2	1—2
Этиленгликоль	—	10—15	5—10
Прочие компоненты	Вода аммиачная — 3—10; изопропиловый спирт — 5—10; камфора — 0,5—1; метиленовый голубой краситель — 0,2—0,5	Едкое кали — 3—5	Едкий натр — 5—6

8.3. ОЧИСТКА САНТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ПОСУДЫ

Эти составы предназначены для чистки сантехнического оборудования, металлической и неметаллической посуды и столовых приборов, кафельных и пластмассовых плиток, дверных ручек и т. д.

Указаны товарные названия, присвоенные им при промышленном выпуске (% вес.).

1. «НЭДЭ» (паста). Вода — до 100%; глицерин — 2; мыло хозяйственное (60%) — 14; пемза молотая — 65; сода кальцинированная — 3,5.

2. «Алюминин». Жидкое стекло — 3,9; мел молотый — 4,2; натрия сульфат — 4,5; пемза молотая — 66; сода кальцинированная — 1,7; сульфонол НП-1 — 4; тринатрийфосфат — 15,7.

3. «Гигиена». Известь хлорная — 5; пемза молотая — 60—65; сода кальцинированная — 5—10; сульфонол НП-1 — 15; тринатрийфосфат — 15—5.

4. «Блеск». Жидкое стекло (1,43) — 9; сода кальцинированная — 8; сульфонол НП-1 — 9; триполифосфат натрия—7; шлак молотый — 67.

5. «Дезинфицирующая» (паста). Вода — до 100%; гексахлорофен — 1,5; ДС-РАС —

10; каолин обезвоженный — 47; КМЦ — 0,125; тринатрийфосфат — 6.

6. «Слава». Жидкое стекло — 4,5; мел природный — 3,6; пемза молотая — 57,2; песок кварцевый — 3,5; «Прогресс» — 18,5; сода кальцинированная — 12,7.

7. «Алюмоблеск» (унифицированный). Жидкое стекло — 60; КМЦ — 1; сода кальцинированная — 11; сульфонол НП-1 (70%-ный) — 6; тринатрийфосфат — 10; триполифосфат натрия — 12.

8. «Зеркальный» (унифицированный). Жидкое стекло — 3; натрия бикарбонат — 24; натрия сульфат — 43, сульфонол НП-1 (70%-ный) — 6; триполифосфат натрия—24.

9. Моющий состав для стеклотары. Вода — 20; сода кальцинированная — 52; сульфонол НП-1 — 4; тринатрийфосфат—24.

10. «Пемоксоль». Жидкое стекло — 5; пемза молотая — 70; «Прогресс» — 15; сода кальцинированная — 10.

11. Универсальные пасты. КМЦ — 3; пемза молотая — 55; «Прогресс» — 38; сода кальцинированная — 4.

12. Вода — 22; мыло хозяйственное — 16; пемза молотая — 58; сода кальцинированная — 4.

13. Состав «Фосфорин». Вода — до 100%; ДС-РАС — 1,5—2; метасиликат натрия ($9H_2O$) — 30; сода кальцинированная — 46; триполифосфат натрия — 20.

14. Метасиликат натрия ($9H_2O$) — 30; сода кальцинированная — 49; сульфонат — 1; триполифосфат натрия — 20.

15. Метасиликат натрия ($9H_2O$) — 30; проксанол 172 или 202 — 2,5; сода кальцинированная — 27,5; триполифосфат натрия — 40.

Составы (13)—(15) применяются для машинной мойки посуды при 50—60° С в концентрации 0,1—0,2%. При жесткости воды 5,35 мг-экв/л — состав (13); ниже 5,35 — состав (14); не более 2 мг-экв/л — состав (15).

С о с т а в ы (16) — (19) — д л я м а ш и н н о г о м ы т ь я м о л о ч н о й т а р ы. **16.** Метасиликат натрия ($9H_2O$) — 30; сода кальцинированная — 20; сульфат натрия — до 100%; сульфонол НП-1 — 2; триполифосфат натрия — 40.

17. Метасиликат натрия ($9H_2O$) — 30; сода кальцинированная — 40; сульфат натрия — до 100%; сульфонол НП-1 — 2; триполифосфат натрия — 20.

18. Сода кальцинированная — 85; сульфат натрия — до 100%; сульфонол НП-1 — 2,5. При жесткости воды 5,35 мг · экв/л—состав (16); ниже 5,35 — состав (17); не более 2 мг-экв/л — состав (18).

19. «Дезмол». Вода — до 100%; метасиликат натрия ($9H_2O$) — 30; синтетическое ПАВ — 1; сода кальцинированная — 24—28; сульфат натрия — в составе ПАВ; триполифосфат натрия — 20; хлорамин «Б» — 18—22. Применяется в концентрации 0,5% при 30—35° С.

20. Унифицированный состав «Алюминин». Жидкое стекло — 4; мел природный— 4; сода кальцинированная — 5; сульфонол НП-1 (70%-ный) — 6; тринатрийфосфат — 15; электрокорунд — 66.

21. Вода — 12; глицерин — 2; мыло хозяйственное — 20; пемза молотая — 60; сода кальцинированная — 6.

22. Вода — 28; глицерин — 2; жидкое стекло — 3; КМЦ — 1; пемза молотая — 50; сода кальцинированная — 10; сульфонол НП-1 (70%-ный) — 6.

Составами, содержащими абразивные вещества и пасты, протирать до блеска с помощью влажной ткани. Затем смывать теплой водой и сушить. Порошкообразные составы без абразивов растворять в теплой воде (около 25—30 г на 1 л воды).

Некоторые индексы МКИ, которыми сведения, содержащиеся в главе XIII, классифицируются в патентной литературе:

С 11*d*	Составы моющих средств
1/00 (1/02—1/86)	Моющие составы на основе поверхностно-активных соединений; использование этих соединений в качестве моющих средств
3/00 (3/02—3/50)	Прочие компоненты моющих составов, отнесенных к 1/00
7/00 (7/02—7/56)	Поверхностно - неактивные моющие средства
С 23*b*	Электролитическая обработка поверхности металлов
1/00	Электрохимические способы и устройства для удаления неметаллических веществ с поверхности металлических изделий, в том числе декапирование
1/04	электролитическое обезжиривание
1/06	электролитическое декапирование
3/02	электролитическое травление
С 23*f*	Химическая обработка поверхности металла
1/00	Травление металлов химическими средствами
С 23*g*	Очистка и обезжиривание металлических изделий химическими способами, кроме электролитических
1/00	Очистка или декапирование металлов растворами или расплавленными солями
5/00	Очистка или обезжиривание металлов прочими способами

Некоторые индексы УДК, которыми сведения, содержащиеся в главе XIII, классифицируются в печатных изданиях

621.79.025	Травление, удаление окалины и обезжиривание
621.79.027	Электролитическая очистка
621.794.4	Декапирование. Травление
621.794.42	Травильные растворы. Травильные средства
621.793.02	Предварительная обработка перед нанесением металлических покрытий, очистка
661.185	Синтетические моющие средства
621.7.02	Общие сведения об очистке металлов

ГЛАВА XIV

СОСТАВЫ ДЛЯ ЧИСТОВОЙ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ

Обработка металлических поверхностей для придания им высокой гладкости (малой шероховатости), а в ряде случаев блеска (шлифование, глянцевание, полирование) — весьма распространенная группа технологических операций в машиностроении и ряде других областей промышленности. Способы повышения чистоты поверхности механическими и химико-механическими способами и применяемые для этого составы были приведены выше. Здесь же будут рассмотрены составы, применяемые при более прогрессивных операциях повышения чистоты поверхности — химическом и электрохимическом шлифовании и полировании. Следует помнить, что химическое шлифование и полирование, в отличие от химико-механического, проводится без приложения тока от внешнего источника и без механического прикосновения к обрабатываемой поверхности. Детали изделия погружаются в раствор определенного состава и выдерживаются в нем заданное время при заданной температуре. Затем быстро извлекаются и интенсивно промываются водой. Аналогичный характер носит техника электрохимического шлифования и электрополирования, но проводятся эти операции при пропускании электрического тока через поверхность обрабатываемого изделия и раствор (электролит).

Многие составы, используемые при химическом и электрополировании, представляют собой концентрированные растворы кислот, часто нагретые, в связи с чем соблюдение установленных правил безопасного обращения с этими составами и их приготовления является строго обязательным.

1. СОСТАВЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ

1.1. УГЛЕРОДИСТАЯ И НИЗКОЛЕГИРОВАННАЯ СТАЛЬ

Составы для электрополирования железа и углеродистой стали (% вес.). **1.** Вода — 12—15; серная кислота — 15—12; фосфорная кислота — 65—70; хромовый ангидрид — 5—6. t=65—75° С; $D_а$=35—50 А/дм^2; τ=10—15 мин.

2. Вода—10,5; серная кислота—40; фосфорная кислота—49,5. t = 38—88° С; $D_а$ = =50 А/дм^2.

3. Вода—12; H_3PO_4—63; H_2SO_4—15; хромовый ангидрид—10. t = 50—55° С; $D_а$ = =50—100 А/дм^2.

4. Фосфорная кислота—75; хромовый ангидрид—25. t = 80—100° С; $D_а$ = 100—200 А/дм^2.

5. (мл) Вода—50; уксусная кислота—76,5; хлорная кислота—18,5. t = 27° С; $D_а$ = 2—10 А/дм^2.

6. (мл) Вода—20; серная кислота (1,84)—170; фосфорная кислота (1,75)—750; щавелевая кислота—302. t = 20° С; $D_а$ = 30—35 А/дм^2; τ=10 мин.

7. (г/л) Перекись водорода (30%-ная)—13; серная кислота—0,1; щавелевая кислота—25. t=20° С; τ=30—60 мин; за 1 ч съем 10 мкм.

8. Вода—10; серная кислота—25—15; уротропин—3—7 г/л; фосфорная кислота—65—75. t = 45—50° С; $D_а$ = 25—100 А/дм^2; τ=3—10 мин.

9. (% вес.). Серная кислота—18—12; фосфорная кислота—70—80; хромовый ангидрид—12—8. t = 65—70° С; $D_а$ = 25—100 А/дм^2; τ=5—10 мин.

10. Вода—16; фосфорная кислота—70; хромовый ангидрид—14. t=70—80° С; $D_а$= =20—50 А/дм^2; τ=1—3 мин.

11. Вода—6; серная кислота—9; фосфорная кислота—77; хромовый ангидрид—8. t = 80—85° С; $D_а$ = 40—50 А/дм^2; τ = 1—10 мин.

12. Вода—2; фосфорная кислота—88; хромовый ангидрид—10. t=50—80—90° С; $D_а$=5—10/80—100 А/дм^2; τ=30/1—5 мин.

13. Вода—12—20; серная кислота—40—20; фосфорная кислота—45—60. t=40—80° С; $D_а$=50—100 А/дм^2; τ=5—10 мин.

14. Фосфорная кислота (1,6)—88; хромовый ангидрид—12. t = 70—50° С; $D_а$ = 35—30 А/дм^2. τ=7—20 мин.

15. Вода—10; фосфорная кислота—70; хромовый ангидрид—20. t=85—90° С; $D_а$= =40—50 А/дм^2; τ=5—10 мин.

16. Вода—18—20; серная кислота—15; фосфорная кислота—65; щавелевая кислота—1—2. t=20° С; $D_а$=30 А/дм^2; τ=10 мин.

17. (вес. ч.). Вода—23—5; глицерин—12—45; серная кислота— 15—40; фосфорная кислота—50—10. t = 50—70° С; $D_а$ = =20—100 А/дм^2; τ=2—8 мин.

18. (% вес.). Вода—12—15; серная кислота—12—15; фосфорная кислота—65—70; хромовый ангидрид—5—6. t = 65—75° С; D_a=35—50 А/дм²; τ=10—15 мин; Q=0,009—0,01 мм/мин.

19. (% вес.) Вода—16; серная кислота—16; фосфорная кислота—68. t = 70—80° С; D_a=50—100 А/дм².

20. (% вес.). Вода—50—60; серная кислота—20—30; фосфорная кислота—до 100%. В раствор вводят 15—30 г-ионов железа на 1 л. t=45—60° С; D_a=300—600 А/дм². Для стали ЭП450.

21. (% вес.). Фосфорная кислота—65; серная кислота—20; вода—15; ингибитор ПБ-5—2,5% к объему смеси. ρ=1,7 г/см³.

22 (% вес.) H_3PO_4—60—75. H_2SO_4—20—35; диэтилентриамин или триэтилентетрамин—0,2—0,4; β-аминоэтилпиперазин—0,1—0,3; вода—до 100%. (Повышение чистоты поверхности и долговечности электролита).

23. В сернофосфорный электролит для полирования вводят сульфоуреид — 1—1,5 г/л и ведут процесс при 30—80° С и D_a=100—300 А/дм². (Интенсификация и удешевление процесса).

Таблица 14.1

НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПОЛИРОВАНИЯ УГЛЕРОДИСТОЙ И НИЗКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ

Объект полирования	№ состава
Железо	1—5, 13—16
Низкоуглеродистая сталь	1—5, 7, 13—16, 20—23
Углеродистая сталь	1—6, 10—18, 20—23
Цементованная сталь	8, 9

1.2. НЕРЖАВЕЮЩАЯ И ВЫСОКОЛЕГИРОВАННАЯ СТАЛЬ

Составы для полирования нержавеющей стали (г). 1. Вода—250; серная кислота (1,84)—750; щавелевая кислота—50 г. t=20° С; D_a = 40—80 А/дм²; τ=10—15 мин.

(% вес.)

2. Вода—42; серная кислота (1,84)—15; фосфорная кислота (1,6)—43. t= 27—80° С; D_a=5 А/дм².

3. Вода—32; фосфорная кислота (1,6) — 56; хромовый ангидрид—12. t = 27—80° С; D_a=10—100 А/дм².

4. Вода—до 100; серная кислота (1,84)—55; фосфорная кислота (1,6)—22. t = 60° С; D_a=5 А/дм².

5. Вода—13,5; молочная кислота—33; серная кислота (1,84)—13,5; фосфорная кислота (1,6)—40. t = 70—93° С; D_a = 7,5—30 А/дм².

6. Вода—37; плавиковая кислота—14; серная кислота (1,84)—48; щавелевая кислота—1. t = 60—76° С; D_a = 5—25 А/дм².

7. Вода—до 100; серная кислота (1,84)—20—30; сульфонат (раствор)—0,1—0,2; фосфорная кислота (1,6)—60—70. t= 50—60° С; D_a=100—150 А/дм².

Водный раствор сульфоната натрия и натриевых (калиевых) солей пептида (сульфопонат) имеет состав (% вес.): активное вещество — 43—49; хлористый натрий — 2,4—2,9; парафиновые углеводороды—0,3—0,5; вода — до 100%. Активное вещество — 11—16% сульфоната и 30—35% полипептидов.

8. Вода — 10—30; ПАВ на основе солей пептидов — 1—10 г/л (сверх 100%); пеногаситель (сверх 100%) — 0,001—1 г/л; серная кислота (1,84) — 10—40. Пеногаситель — полиметилсилоксановая жидкость; ПАВ — сульфопонат или гидролизат.

9. Вода—20—12; серная кислота (1,84)—37—39; фосфорная кислота (1,6)—40—45; хромовый ангидрид—3—4. t = 65—75° С; D_a = 35—50 А/дм²; τ = 10—15 мин. Хромистая сталь Ж1, Ж2.

10. Вода—3; глицерин—12; серная кислота (1,84)—15; фосфорная кислота (1,6)—65; хромовый ангидрид—5. t = 45—70° С; D_a=8—10 А/дм²; τ = 10—15 мин. Хромоникелевая сталь.

11. (мл/л). Азотная кислота—100; вода—600; плавиковая кислота—100—300; щавелевая кислота—20—40 г. t=20—50° С; D_a= =140—160 А/дм²; τ=0,2—0,5 мин. U = 6 В.

12. (мл). Серная кислота (1,84)—300; фосфорная кислота (1,6)—700; щавелевая кислота—50—100 г/л. t = 100° С; D_a = 10—50 А/дм²; τ=2—6 мин.

13. (г/л). Глицерин технический—100; серная кислота—1000. D_a = 5—10 А/дм²; τ=10—30 мин; ρ = 1,62—1,64 г/см³. Проработка 3 ч при D_a = 7—10 А/дм²; долговечность—360 А·ч/л; максимально допустимое накопление железа—7—7,5% (по Fe_2O_3).

(% вес.)

14. Серная кислота (1,84) — 40; фосфорная кислота (1,6) — 60.

15. Вода—9; серная кислота (1,84)—15; фосфорная кислота (1,6)—70; щавелевая кислота—6.

16. Вода—до 100; лимонная кислота—55—60; серная кислота (1,84)—15—20. t = =85—95° С; D_a=10—25 А/дм².

17. Вода—11; глицерин—47; фосфорная кислота—42. t = 90—140° С; D_a = 20—80 А/дм²; τ=8—15 мин.

18. (вес. ч.). Вода—60; глицерин—40; серная кислота (1,84)—50. t = 80—90° С; D_a=30—100 А/дм²; τ=3—10 мин.

19. (% вес.). Вода—20; плавиковая кислота—7; серная кислота (1,84)—73. t=60° С; D_a=15 А/дм²; τ=5 мин.

20 (мл). Вода—200; серная кислота (1,84)—150; фосфорная кислота (1,7)—640; эмульгатор ОП-7 или ОП-10—0,5—2,0 г/л. t=18—25° С, повышается при работе до 70° С. D_a = 12—15 А/дм² на холоде, до 30 А/дм²—при 70° С; τ = 2—30 мин. Электролит пенится. Добавки 10—20 г/л винной, щавелевой кислот и т. п. улучшают блеск.

21. (вес. ч.). Вода—15—17; серная кислота (1,84)—40; фосфорная кислота (1,6)—

40—42; хромовый ангидрид—3. В электролите ρ=1,65—1,68 г/см³. t = 60—80° С; U = =12 В; D_a = 50—100 А/дм²; τ = 5—10 мин; чистота повышается от ▽ 8 до ▽ 9— — ▽10. Если объемная плотность тока выше 1—1,3 А/л, нужно охладить. Хромовый ангидрид растворяют в теплой воде, добавляют фосфорную, затем серную кислоту. Прогревают 1—3 ч при 115—120° С. Проработка током на стальных анодах при D_a=25—40 А/дм² и U=12 В по 5А·ч/л. При повышении плотности разбавить водой и прогреть при 90—100° С 1—2 ч.

22. (г/л). Глицерин (крахмал, декстрин)— 100; серная кислота (1,84)—1000. t = 20— 30° С; U= 6—12 В; τ = 5—10 мин; D_a для 1Х18Н9Т—10 А/дм², для 1Х13—12—15 А/дм²

Таблица 14.2

НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПОЛИРОВАНИЯ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ И ВЫСОКОЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ

Объект полирования	№ состава
Аустенитная хромоникелевая сталь	4, 10, 13, 17, 22
Быстрорежущая сталь	11, 21
Жаропрочная сталь	12
Нержавеющая сталь	1—10, 14—16, 18—20, 22
Хромистая сталь Ж1, Ж2	9

1.3. АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

(% вес.)

1. Вода—7; серная кислота—27; фосфорная кислота—57; хромовый ангидрид— 9. t=70—75° С; D_a=10—20 А/дм².

2. Вода—80; натрий углекислый—15; тринатрийфосфат—5. t = 70—88° С; D_a=3— 6 А/дм²; τ=1—4 мин.

3. Вода—97,5; фтороборная кислота—2,5. t=30—35° С; D_a=1—6 А/дм²; τ=5—10 мин. U=15—30 В.

4. Глицерин—30—40; фосфорная кислота—35—45; вода — остальное. t =66— 88° С; D_a = 3,5—4 А/дм²; U=35 В.

5. Вода—13,8; серная кислота—4,7; фосфорная кислота—75; хромовый ангидрид— 6,5. t = 83—100° С; D_a = 5—15 А/дм²; U = =10—12 В.

6. Азотная кислота—1; вода—29; серная кислота—60; фосфорная кислота—10. t=96° С; D_a=20 А/дм².

7. Вода—20; фосфорная кислота—60; хромовый ангидрид—20. t=60—65° С; D_a= =30 А/дм².

8. (г/л) Квасцы алюминиево-калиевые— 15—18; натрий углекислый—200—250; тринатрий фосфат—100—120. t = 80—90° С; D_a = = 3—5 А/дм²; τ = 6—8 мин. Рабочая емкость—200—250 А·ч/л.

9. (г/л) Едкий натр—15—20; квасцы алюминиево-калиевые—40—50; тринатрийфосфат—150—200. t=70—100° С; D_a=2—4 А/дм²; τ=10—12 мин. Катод—нержавеющая сталь; $S_к$:$S_а$=3 : 1.

10. Гексаметафосфат натрия—50; едкий натр—30; пирофосфат натрия—100; трилон Б—1. t=40° С; D_a = 15—20 А/дм²; τ=5—6 мин.

11. Вода—до 100%; ионы Al^{3+}—0—6; серная кислота—4—45; фосфорная кислота—75; хромовый ангидрид—6,5. t=70— 95° С; D_a=2,5—100 А/дм²; U=7—15 В; η = =9—13 сП.

12. Вода—до 100%; ионы Al^{3+}—4,5; серная кислота—4,7; фосфорная кислота— 75; хромовый ангидрид—6,5. t = 80—83° С; D_a=6—15 А/дм²; U=7—12 В; η=10—11,5 сП.

13. Вода—20; серная кислота—14; фосфорная кислота—57; хромовый ангидрид— 9. t=80° С; D_a=15 А/дм².

Составы (11)—(13)—рекомендуется механическое перемешивание качанием штанг.

14. Вода—8; серная кислота—39; фосфорная кислота—50; хромовый ангидрид— 3. t=75—85° С; D_a = 15—30 А/дм²; τ = 1— 10 мин.

15. Вода—28; серная кислота—34; фосфорная кислота—34; хромовый ангидрид— 4. t=80—90° С; D_a= 20—35 А/дм²; Q = 1— 10 мкм.

16. Вода (мл)—200; спирт этиловый— 380; фосфорная кислота—400. t=30—40° С; D_a=15—35 А/дм²; τ=4—6 мин; U=27—30 В.

17. Серная кислота (1,84)—300; фосфорная кислота (1,7)—700. t=40—130° С; D_a = =70—120 А/дм²; τ=0,2—5 мин; U=6—30 В.

18 (вес. ч.). Серная кислота—40—60; спирт этиловый—1000 мл; фосфорная кислота—150—200. t=30° С; D_a=15—30 А/дм²; τ=15—20 мин; U=15—30 В.

19. (% вес.) Вода—2; фосфорная кислота—80; хромовый ангидрид—12. t=85°С; D_a=4 А/дм²; τ=1—3 мин.

20. (% вес.) Азотная кислота (1,4)—1,0; вода—14; серная кислота (1,84)—70; фосфорная кислота (1,7)—15. t=75—100° С; D_a = 10—15 А/дм²; τ = 2—10 мин; U=10— 25 В.

21. (мл). Уксусная кислота—500; фосфорная кислота—500. t=50—80° С; D_a=3— 6 А/дм²; τ=5—15 мин; U=1—2 В.

22. (% вес.) Вода—81; едкий натр—1; сернокислый алюминий—3; тринатрийфосфат—15. t=80° С; D_a = 5 А/дм²; τ = 7— 15 мин; U=10—15 В.

23. (% вес.) Вода—33; глицерин—54; плавиковая кислота—13. t = 25° С; D_a = =20 А/дм²; τ=10 мин.

24. (вес. ч.). Подготовка — шлифование на войлочных кругах с пастой: парафин — 35; стеарин — 65. Полирование на бязевых кругах с пастой: микропорошок М28 — 40; окись хрома — 30; парафин — 10; стеарин— 20. Обезжиривание: уайт-спирит и ОП-7. Электрополирование в электролите (г/л): фосфорная кислота — 1100—1300; хромовый ангидрид — 130—180. Проработка нагревом при 80—90° С; τ=15—20 ч до ρ=1,7— 1,72 г/см³, затем добавляют 10—150 г/л серной кислоты.

Полирование при t=70—80° С; D_a= =10 А/дм²; U=12 В; τ=5—10 мин при реверсе тока или 3—5 мин без реверса.

Промывка 0,5 мин в составе (г/л): калия бихромат — 10—15; сода кальцинированная — 15—20. t=80° С.

Анодирование в 20%-ной серной кислоте при $D_а$ = 1 А/дм², U=12—18 В. Пропитка в растворе жидкого стекла. Промывка дистиллированной водой. Сушка при 50—60° С.

Конечная поверхность: ∇12—∇14; отражение света — 80—85%.

Таблица 14.3

НАЗНАЧЕНИЯ СОСТАВОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПОЛИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

Объект полирования	№ состава
Алюминий высшей чистоты . . .	Практически — все
Алюминий чистый	1, 7, 11—22, 24
Получение зеркал из алюминия .	24
Сплавы алюминия (кроме силуминов)	4, 5, 7, 8, 11—22
Силумин	23

1.4. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Составы для электрополирования меди и ее сплавов. **1.** (% вес.). Вода—20; фосфорная кислота—74; хромовый ангидрид—6. t=20—40° С; $D_а$ = =10—25 А/дм²; τ=1—3 мин.

2. (г/л). Маннит—40—50; полиэтиленполиамин—5—20; фосфорная кислота—650—700. t=20—60° С; $D_а$=20—80 А/дм².

3. (% вес.) Вода—26,5; серная кислота—14; фосфорная кислота—59; хромовый ангидрид—0,5. t = 16—77° С; $D_а$ = 10—100 А/дм².

4. (% вес.) Вода—17,5; фосфорная кислота—75; хромовый ангидрид—7,5. t = =65—75° С; $D_а$=30—50 А/дм².

5. (% вес.). Вода—до 100%; фосфорная кислота—75—84; t=38° С; $D_а$=5,4—27 А/дм²; τ=10—15 мин.

6. Вода—40 мл; фосфорная кислота (1,75)—1000 мл; щавелевая кислота—25 г. t=20° С; $D_а$=30 А/дм²; τ=10—15 мин.

7. (г/л). Плавиковая кислота—2,5—5; хромовый ангидрид—100—200. t=18—25° С; $D_а$=10—40 А/дм². Медь τ = 20—30 с; $D_а$= = 30—40 А/дм². Бронза и латунь τ = 2—4 мин; $D_а$ = 10—30 А/дм². Катод—алюминий или нержавеющая сталь.

8. (% вес). Вода—10—60; ингибитор ПБ-5—10—15% от объема кислот; триэтаноламин—5—12%; фосфорная кислота—40—90. t=20—40° С; $D_а$ = 3—75 А/дм²; τ = =0,1—10 мин.

9. (% вес.). Вода—10; ингибитор ПБ-5—10—15% от объема кислот; серная кислота—10; триэтаноламин—5—12; фосфорная кислота—70—80. t = 20—40° С; $D_а$ = =3—75 А/дм²; τ=0,1—10 мин.

10. (г/л). Фосфорная кислота—900; хромовый ангидрид—150. t = 20—25° С; $D_а$ = =10—50 А/дм²; ρ=1,5—1,55 г/см³.

11. (г/л). Фосфорная кислота—1000; хромовый ангидрид—80. t = 20—40° С; $D_а$ = =50—80 А/дм². Полируются бронзы Бр.ОФ6,5—0,15 и нейзильбер МНц15-20.

12. (% вес.). Фосфорная кислота (1,54)—100. t=15—20° С; $D_а$=8—10 А/дм²; τ=10—12 мин.

13. Фосфорная кислота (1,35—1,4)—основа; эмульгатор ОП-7 или ОП-10—0,5—2 г/л. t=18—25° С; $D_а$ = 12—15 А/дм²; τ = =1—5 мин. Проработка с медными анодами при t = 1,5—1,8 А/дм²; U=1,3—1,8 В до накопления 5—6 г/л меди, $S_а : S_к$=1 : 15; Q=5 А·ч/л. Полирование ухудшается при достижении Cu—20 г/л и $D_а$=12 А/дм².

14. (вес. ч.). Вода—300; серная кислота—100; фосфорная кислота—67, t=20° С; $D_а$= =10 А/дм²; τ=15 мин.

15. (мл). Спирт этиловый—620; фосфорная кислота—350; t=20° С; $D_а$=2—7 А/дм²; τ=10—15 мин.

16. Фосфорная кислота—100%. t = 18—20° С; $D_а$=8—15 А/дм², τ=5—10 мин; U = =12—15 В. Катоды—свинец. До полирования—обезжиривание и промывка. После полирования промывка холодной водой, нейтрализация 5%-ным содовым раствором. Промывка горячей водой, пассивирование в хромовом растворе 0,5—1 мин.

17. (мл). Серная кислота—50; фосфорная кислота—950. t=60—65° С; $D_а$=22—65 А/дм²; U=5—10 В; τ=10—15 мин; $S_к$:$S_а$=20 : 1. Катод—освинцованная медь.

Составы для электрополирования никеля (% вес.). **1.** Вода—250 мл; серная кислота (1,84)—750 мл; щавелевая кислота—50 г. t = 20° С; $D_а$=40—50 А/дм²; τ=0,4—0,5 мин.

2. Вода—30; серная кислота—70%. t= =18—20° С; $D_а$=0,1—0 А/дм².

3. Вода—до 100%; серная кислота—15—60; фосфорная кислота—15—70. t = 50° С; $D_а$=15—20 А/дм².

4. Вода—до 100%; серная кислота—2—28; соляная кислота—0,05—2,5; фосфорная кислота—15—20. t = 32—35° С; $D_а$ = 5,5—33 А/дм².

5. (вес. ч.). Лимонная кислота—20; серная кислота—900; фосфорная кислота—750. t = 20—25° С; $D_а$ = 35—50 А/дм²; τ= =1—3 мин.

Таблица 14.4

НАЗНАЧЕНИЯ СОСТАВОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПОЛИРОВАНИЯ МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВ

Объект полирования	№ состава
Бронза	6, 11
Латунь	6, 12, 16, 17
Медь	1—15
Медные сплавы	1—17

6. (% вес.). Вода—34; глицерин—33; фосфорная кислота—33. $D_а$=10—12 А/дм²; τ=0,5—1 мин.

7. (вес. ч.) Перекись водорода 30%-ная—75; серная кислота—1200; хромовый ангидрид—40. t=20—25° С; $D_а$=30—35 А/дм²; τ=0,1—1 мин.

8. (вес. ч.). Лимонная кислота—20; серная кислота—900; фосфорная кислота—750. t=20—25° С; $D_а$=35—50 А/дм²; τ=0,2—1,0 мин.

9. (мл). Вода—290; серная кислота—390. t=35° С; $D_а$=40 А/дм²; τ=4—6 мин.

10. (% вес.). Вода—10; глицерин (1,25)—30; серная кислота (1,84)—50; уксусная кислота—10. t=30—40° С; $D_а$=10—15 А/дм²; τ=20—30 мин.

1.5. РАЗЛИЧНЫЕ МЕТАЛЛЫ

1. Кобальт (% вес.). Фосфорная кислота (1,3)—100. t = 20° С; $D_а$ =1 А/дм²; τ = =5—10 мин.

2. Кадмий (мл). Вода—550; фосфорная кислота (1,7)—450. t = 20° С; $D_а$ = 5—150 А/дм²; τ—до 30 мин.

3. Кадмий (мл). Вода—100; глицерин—200; фосфорная кислота (1,8)—200. t=20° С; $D_а$=40 А/дм²; τ=5—10 мин.

4. Магний (мл). Спирт этиловый—325; фосфорная кислота (1,7)—675. t=20° С; $D_а$=0,5 А/дм²; τ=60 мин.

5. Уран (% вес.). Глицерин—33; этиловый спирт—33; фосфорная кислота (1,7)—34. t=20—50° С; $D_а$=10—20 А/дм²; τ = 5—20 мин.

6. Марганец (мл). Глицерин—100; спирт этиловый—200; фосфорная кислота (1,7)—100. $D_а$=30—50 А/дм²; τ=15 мин.

7. Уран (% вес.) Спирт этиловый—50; фосфорная кислота (1,7)—25; этиленгликоль—25. t = 20—50° С; $D_а$ = 10—20 А/дм², τ=5—20 мин.

8. Хром (% вес.). Вода—13—22; серная кислота (1,84)—15—20; фосфорная кислота (1,7)—63—67. t = 22—120° С; $D_а$ = =150 А/дм².

9. Висмут (мл). Вода—200; серная кислота (1,84)—200; фосфорная кислота (1,7)—100. t = 30—40° С; $D_а$ = 100 А/дм²; τ=2—8 мин.

10. Бериллий (% вес.). Глицерин — 16; серная кислота (1,84)—16; спирт этиловый — 16; фосфорная кислота (1,17)—52. t=30—50° С; $D_а$=20—40 А/дм²; τ=1—2 мин.

11. Хром (% вес.). Вода—10; лимонная кислота—10; серная кислота (1,84)—60; фосфорная кислота (1,7)—20. t = 18—20° С; $D_а$=20—30 А/дм²; τ=5—10 мин.

12. Бериллий (% вес.). Вода—до 100; соляная кислота (1,19)—0,1—1; фосфорная кислота (1,7)—25—70. $D_а$ = 1,5—7,5 А/дм², τ=5—10 мин.

13. Кобальт (мл). Соляная кислота (1,19)—500; спирт этиловый—500, t = 20° С; $D_а$=250 А/дм²; τ=0,5—1,5 мин.

14. Торий (мл). Спирт этиловый—500; уксусная кислота—500. $D_а$=16 А/дм².

15. Молибден (мл). Серная кислота (1,84)—25; спирт метиловый—175. t = 25° С; $D_а$=80—120 А/дм²; τ=1 мин.

16. Молибден (мл). Серная кислота (1,84)—20—30; соляная кислота (1,19)—50—60; спирт метиловый—150. t = 50° С; $D_а$=65—70 А/дм²; τ=0,5 мин.

17. (мл). Плавиковая кислота 48%-ная—100; серная кислота (1,84)—900. t=35—45° С; $D_а$=10—20 А/дм²; τ=9—10 мин.

18. Олово (мл). Вода — 780; серная кислота (1,84)—20; фтороборная кислота — 200. t=20—40° С; $D_а$ = 400—700 А/дм²; τ = =3—5 мин.

19. Цинк (мл). Вода—до 100; серная кислота (1,84)—150; хромовый ангидрид—4. t=25° С; $D_а$=40 А/дм²; τ=1—2 мин.

20. Олово (% вес.). Вода—60; плавиковая кислота 50%-ная—40. t= 420—560 А/дм². τ=0,05—0,08 мин.

21. Цирконий (мл). Азотная кислота (1,4)—10; вода—200; плавиковая кислота 50%-ная—20. t=24° С.

22. Титан (мл). Вода—1000; плавиковая кислота 50%-ная—160; хромовая кислота—500. t=15—20° С; $D_а$=20—50 А/дм².

23. Ниобий (мл). Азотная кислота (1,4)—175; вода—650; плавиковая кислота 40%-ная—175. t=50° С; $D_а$ = 20—50 А/дм²; τ=10 мин.

24 Ниобий (мл). Плавиковая кислота 40%-ная—150; серная кислота (1,84)—850. t=25—60° С; $D_а$=4 А/дм².

25. Тантал (мл). Азотная кислота (1,4)—100; нода—350; плавиковая кислота 48%-ная—100. t=35—50° С; $D_а$=2—15 А/дм².

26. Индий (мл). Азотная кислота (1,4)—50; карбитол—750; соляная кислота (1,19)—20. t=15—20° С; $D_а$=30—60 А/дм².

27. Индий (мл). Азотная кислота (1,4)—100; спирт метиловый—200. $D_а$ = =30 А/дм².

28. Свинец (% вес.). Вода—60; фтороборная кислота—40. $D_а$ = 50—100 А/дм².

29. Магний (% вес.). Бутилцеллозольв—90; соляная кислота—10. t = 10° С; $D_а$=1,5 А/дм².

30. Висмут (мл). Азотная кислота (1,4)—100; глицерин—400; уксусная кислота—100. t=24° С; τ=1—5 мин.

31. Молибден, цинк, кадмий (% вес.). Вода—95; сульфаминовая кислота—5. $D_а$=100—200 А/дм².

32. Вольфрам и цинк (% вес.). Вода—80; едкий натр—20. t = 20° С; $D_а$ = =3—6 А/дм²; τ=20—30 мин.

33. Олово и цинк (% вес.). Вода—75; едкое кали—25. t=20° С; $D_а$=16 А/дм².

34. Титан (мл). Глицерин—800; серная кислота (1,84)—150; фторид бария—50 г. $D_а$=40 А/дм².

35. Германий (мл). Вода—50; глицерин—500; фторид бария—до насыщения. t=20° С; $D_а$=1 А/дм²; τ=30 мин.

36. Кобальт (% вес.). Кобальт хлористый—25; вода—3; этиленгликоль (ρ = =1,11)—72. t = 20° С; U = 7—28 В; τ=15—20 мин. Катод—нержавеющая сталь.

37. Кремний (% вес.). Плавиковая кислота—2—8; вода—до 100%. $D_а$ = 10—80 А/дм².

38. Золото и золотые покрытия (г/л). Винная кислота — 10; серная кислота (1,84) — 5,5; тиокарбамид — 25. t=30° С; $D_а$ =1,5—3 А/дм²; τ=5 мин. Промывка в слабощелочной воде (5—20 г/л

соды). Перед полированием обезжиривают в растворителе, химическое или электрохимическое обезжиривание в щелочи, травление в 10—20%-ной соляной кислоте. Промывка после каждой операции. Сушка при 110—120° С 30—40 мин.

39. Индий (г/л). Азотная кислота (1,4)—до 1 л; аммония нитрат—550—650. t=30—40° С; $D_а$=0,4—0,45 А/см².

40. Осмий (% вес.). Вода—95—75; перекись водорода 30%-ная—0,5—2; фосфорная кислота—5—25. t—до 50° С; U = =24—40 В. Ток переменный; катод—тантал или нержавеющая сталь.

41. Иттрий (% вес.). Азотная кислота—40—50; глицерин—до 100%; щавелевая кислота—20—40. t—до 20° С; $D_а$ = 1,5—3 А/дм². (Обращаться осторожно!).

42. Ниобий и его сплавы (% вес.). Глицерин—77—80; фтористый аммоний—5—6; плавиковая кислота 40%-ная—2—3; азотнокислый аммоний—3—4; вода—до 100. t = 70—90° С; $D_а$ = 100—200 А/дм²; U=30—40 В в течение 1—2 мин.

43. Тантал (% вес.). Серная кислота (1,84)—94; плавиковая кислота—6. t= =40 ± 5° С; $D_а$=10—20 А/дм²; τ=8—10 мин.

44. Молибден (% вес.). Фосфорная кислота (1,74)—60; серная кислота (1,84)—20; вода—20. t = 60—80° С; $D_а$ = 150—300 А/дм²; τ=30 с. Для крупногабаритных деталей.

45. Вольфрам (% вес.). Едкий натр—5—10; аммиак 25%-ный—5—10; вода—до 100. t=20—40° С; $D_а$=50—300 А/дм².

46. Серебро (г/л). Бифталат калия—40—60; полиэтиленполиамин—40—60. t = = 18—25° С; $D_а$ = 1—5 А/дм². Электролит нетоксичен.

47. Вольфрам и богатые вольфрамом сплавы (% вес.). Едкая щелочь—1—10; гидроокись аммония—3—10.

48. Молибден и богатые молибденом сплавы (% вес.). Едкая щелочь—5—10; гидроокись аммония—5—10.

49. Титан (% вес.). Этиленгликоль—87—90; фтористый аммоний—4—5; плавиковая кислота 40%-ная—2—3; вода—2—3. t=60±10° С; $D_а$=20—25 А/дм².

50. Хром (% вес.). Фосфорная кислота (1,4)—50; серная кислота (1,84)—30; присадка ПБ-5—5; вода—15. t=15—25° С; $D_а$=40—50 А/дм².

51. Бериллий (% вес.). Фосфорная кислота (1,7)—60; серная кислота (1,84)—19; глицерин—13; этиловый спирт—8. t = =15—25° С; $D_а$=200—400 А/дм². Катоды — нержавеющая сталь.

52. Ниобий, титан, хром (% вес.). Аммоний азотнокислый—5—6; аммоний фтористый—5—6; вода—до 100%, плавиковая кислота—3—4; этиленгликоль—81—84. $D_а$=70—150 А/дм².

53. Монокристаллы германия n-типа, раствор фосфорной кислоты (ρ=1,52) — 1000 г/л. t=15—25° С; $D_а$ = 15—20 А/дм². Реверсирование тока $D_а$ = 3 с, $D_к$=0,25 с. Скорость Q=60—70 мкм/ч.

Электрохимическое полирование различных металлов на переменном токе (кислоты — в мл, твердые компоненты — в г).

1. Желатина—40; фосфорная кислота (1,6)—1000; щавелевая кислота—30. t=60° С; $D_а$=20—120 А/дм².

2. Винная кислота—15; желатина—10; фосфорная кислота (1,7)—1000; щавелевая кислота—40. t=18—20° С; $D_а$=8 А/дм².

3. Желатина—1; фосфорная кислота — 1000. t=18—20° С; $D_а$=10—20 А/дм².

4. Желатина—10—20; уксусный ангидрид—150; фосфорная кислота—1000. t=18—20° С; $D_а$ = 8 А/дм²; U = 3,5—4 В; τ = 3—5 мин.

5. Глицерин—400; серная кислота (1,84)—50; фосфорная кислота (1,7)—1000. t=50° С; $D_а$=60—150 А/дм²; τ=0,5—2 мин.

6. Серная кислота (1,84)—1000; фосфорная кислота (1,7)—500. t = 18—20° С; $D_а$ = =250—300 А/дм²; τ=10 с.

7. Едкий натр 40—50%-ный—50; сернистый натрий—2—3. t=45—50° С; $D_а$=200—300 А/дм².

8. Едкое кали—10 г; казеин—30; фосфорная кислота (1,5)—1000. $D_а$=4—8 А/дм².

9. Азотная кислота (ρ=1,4)—70; уксусная кислота (ледяная)—30. t=(—12) ÷ (+15)° С; $D_а$=4—200 А/дм²; U=11—16 В.

10. Серная кислота (1,6)—100%. t=20—70° С; $D_а$=80 А/дм²; U=6—8 В; τ=30 с.

11. Фосфорная кислота (1,6)—100%. t = =20—70° С; $D_а$=60 А/дм²; τ=30—60 с. (Al чистотой выше 99,9%).

12. Сода кальцинированная—200—250. t=50° С; $D_а$ = 80—150 А/дм²; U=40—50 В; τ=10—30 с.

13. Калий углекислый—150. t=60° С; U = =10—30 В; $D_а$=50—100 А/дм²; τ=30 с.

14. Едкий натр или едкое кали—50—200. $D_а$=50—100 А/дм²; τ=30—120 с.

В электролиты (3)—(5) рекомендуется добавка молочного казеина.

15. Аммиак (0,88 г/см³)—80—120; борная кислота—200; вода—400. t=18—20° С; $D_а$= =200—250 А/дм².

16. Натрий азотнокислый—2—5; натрия полисульфид 20%-ный—3 мл; натрий сернистый—50. t = 18—20° С; $D_а$ = 100—130 А/дм².

17. Калий углекислый—12; калий цианистый—65.

18. Фосфорная кислота—60; серная кислота—20; вода—20. Ингибитор ПБ-5—5% от объема смеси; $D_а$=10—15 А/дм².

Таблица 14.5

НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВОВ (1) — (53)

Объект полирования	№ состава	Объект полирования	№ состава
Бериллий . .	10, 12, 51	Ниобий	23, 24, 42, 52
Висмут . . .	9, 30	Олово	18, 20, 33
Вольфрам . .	32, 45, 47	Осмий	40
Германий . .	35, 53	Свинец	28
Золото . . .	38	Серебро . . .	46
Индий	26, 27, 39	Тантал	17, 25, 43
Иттрий . . .	41	Титан	23, 34, 49, 52
Кадмий . . .	2, 3, 31	Торий	14
Кобальт . . .	1, 13, 36	Уран	5, 7
Кремний . . .	37	Хром	8, 11, 50, 52
Магний . . .	4, 29	Цинк	19, 31, 32, 33
Марганец . .	6	Цирконий . .	21
Молибден . .	15, 16, 31, 44, 48		

Таблица 14.6

НАЗНАЧЕНИЕ СОСТАВОВ (1) — (18)

Объект полирования	№ состава
Алюминий	12, 13, 14
Аустенитная сталь 18-8	9
Золото	17
Нержавеющая сталь	8
Никель	10, 11
Олово	16
Пружинная углеродистая сталь	3
Серебро	15, 17
Углеродистая сталь	1, 2, 4, 5, 6, 7
Хромистая сталь ШХ15	18

2. СОСТАВЫ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ

Химическое полирование металлов и сплавов, а также полупроводниковых материалов представляет собой процесс получения поверхностей высокой чистоты путем избирательного химического растворения их элементов в соответствующе подобранных растворах.

Химическое полирование проводится без подвода тока от внешнего источника. По сравнению с электрополированием химическое полирование труднее поддается контролю и применимо к более ограниченному кругу материалов.

Ниже приводятся рецепты некоторых составов для химического полирования и режимы их применения.

2.1. СТАЛЬ

Составы для полирования углеродистой стали. 1. (% об.). Азотная кислота (1,4)—2—4; соляная кислота (1,19)—2—5; фосфорная кислота (1,7)—15—25. t=70—80° С; τ=1—10 мин.

2. (г/л). Перекись водорода 30%-ная—13; серная кислота (ρ=1,84)—0,1; уксусная кислота (1,06)—25. τ=30—60 мин.

3. (мл). Азотная кислота (ρ = 1,4)—500; уксусная кислота (ρ= 1,06)—750. t = 125° С; τ=0,15 мин.

4. Состав для полирования нержавеющей стали. Оранжевый кислотный краситель—20—25 г/л; серная кислота (ρ=1,84)—230; соляная кислота (ρ=1,19)—660. t=70—75° С; τ=2—3 мин.

5. Состав для полирования углеродистой стали (об. ч.). Азотная кислота (1,4)—100—200; серная кислота (1,84)—200—600; соляная кислота (1,19)—25; фосфорная кислота—400. t = 80—120° С; τ = 1—0,15 мин.

6. Состав для полирования аустенитной стали (об. ч.). Азотная кислота (1,4) — 1; серная кислота (1,84) — 0,5; соляная кислота (1,19) — 4; уксусная кислота (1,06) — 5 г/л.

7. Состав для полирования аустенитной стали (мл). Нитраты (Na или K) — 5 г/л; серная кислота (1,84) — 100; фосфорная кислота (1,7) — 1000; хлориды — 5 г/л. t=180° С.

8. Состав для полирования нержавеющей стали (% вес.). Азотная кислота (1,4) — 4—5; метилоранж — 1—1,5; соляная кислота (1,19) — 3—4; фосфорная кислота (1,7) — 20—30.

9. Состав для химического полирования нержавеющих сталей и сплавов черных металлов (мл/л). Азотная кислота (1,4) — 28—90; вода — до 1000; калий железистосинеродистый — 2—15 г/л; ОП-7 — 3—25; соляная кислота (ρ=1,19) — 45—110°; фосфорная кислота (1,7) — 45—280.

Таблица 14.7

НАЗНАЧЕНИЕ РАСТВОРОВ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ СТАЛИ

Объект полирования	№ состава
Аустенитная сталь	6, 7
Нержавеющая сталь	4, 8, 9
Углеродистая сталь	1, 2, 3, 5, 9

2.2. АЛЮМИНИЙ И ЕГО СПЛАВЫ

1. Медь азотнокислая—0,2; едкий натр—28,6; натрий азотистокислый—17,8; натрий азотнокислый—23,8; тринатрийфосфат ($12H_2O$)—11,8. t=140° С; τ=0,1—2 мин. Состав агрессивен и обычно применяется как выравнивающий для предварительного полирования. Съем—1 мг/(см²·с).

2. Азотная кислота (1,5)—3—6; медь азотнокислая ($3H_2O$)—0,05—0,2; уксусная кислота (ледяная)—до 15; фосфорная кислота (1,7)—94—97. t=80—82° С; τ=2—4 мин. Применяется после состава (1) как глянцующий, а также самостоятельно. Съем—1 мг/(см²·мин).

3. Азотная кислота (1,5)—4—10; борная кислота—0,4—2; КМЦ—0,05—0,1; медь азотнокислая ($3H_2O$)—0,5—1; серная кислота (1,84)—15—30; фосфорная кислота (1,7)—60—80. t=90—95° С; τ=1—5 мин. Для глянцевания алюминия чистотой не менее 99,9%. Рекомендуется выдержка после приготовления 48 ч.

4. Азотная кислота (1,5)—20—10; серная кислота (1,84)—10—60; фосфорная кислота (1,7)—70—30. t = 60—100° С; τ = 1—10 мин.

5. Азотная кислота (1,5)—2—30; лимонная кислота (крист.)—2—40; фосфорная кислота (1,7)—50—95. t = 60—120° С; τ = 0,25—5 мин. Аналогичен по действию составу (2).

	(мл)	(% об.)
6. Азотная кислота (1,4)	71	4
Медь азотнокислая ($3H_2O$)	2 г/л	0,1
Уксусная кислота 99%-ная	139	10
Фосфорная кислота (1,7)	630	73
Вода	159	12,9

7. Азотная кислота (1,4)—65 мл; медь азотнокислая ($3H_2O$)—1 г/л; уксусная кислота 99%-ная—65 мл; фосфорная кислота (1,7)—870 мл.

8. (% об.). Азотная кислота (1,4)—2—5; вода—14—29; фосфорная кислота (1,7)—73—83. t=90° С; τ=0,2—15 мин.

9. (% вес.). Азотная кислота (1,4)—2; уксусная кислота (1,065)—15; фосфорная кислота (1,75)—70. t = 100—120° С; τ = 2—6 мин.

10. (% об.) Азотная кислота (1,4)—11; железо сернокислое—0,8 г/л; серная кислота (1,84)—11; фосфорная кислота (1,75)—78. t=95—100° С. τ=0,25—1 мин.

11. (% вес.). Медь азотнокислая—0,9; натрий азотнокислый—9,1; фосфорная кислота (1,75)—90. t = 90—100° С; τ = 0,6—1,0 мин. Налет меди удаляют в 30%-ной азотной кислоте.

12. (% вес.). Азотная кислота (1,4)—30; борная кислота—4; серная кислота (1,84)—25; фосфорная кислота (1,75)—41. t = 90—95° С; τ=2—5 мин.

13. (мл). Перекись водорода 30%-ная—50; фосфорная кислота (1,75)—1000. t=18—25°С; τ=0,25.

(% вес.)

14. Азотная кислота (1,4)—13—14; бифторид аммония—16; свинец азотнокислый—0,02. t = 55—75° С; τ = 0,25—0,35 мин; Q = =2,5—4,0 мкм.

15. Азотная кислота (1,52)—4,5; борная кислота—0,4; свинец азотнокислый — 0,5; серная кислота (1,84)—41,6; фосфорная кислота (1,7)—53.

16. Азотная кислота (1,52)—6,0; борная кислота—0,5; КМЦ—0,05; свинец азотнокислый—0,5; серная кислота (1,84)—15,5; фосфорная кислота (1,7)—77,5.

17. Азотная кислота—2,5; бифторид аммония—0,6; глицерин—0,6; медь азотнокислая ($3H_2O$)—0,05; хромовый ангидрид—0,6. t = 90—100° С; τ = 3—10 мин. Замена азотнокислой меди свинцом повышает блеск.

18. Азотная кислота (1,4)—3,75; бифторид аммония—0,65; медь азотнокислая ($3H_2O$)—0,0025; хромовый ангидрид—0,65; этиленгликоль—0,6. t = 90—100° С, τ = 3—10 мин. Аналогичен (17).

19. Азотная кислота (1,4)—10—15; бифторид аммония—10—20; гуммиарабик—0,2—0,5; свинец азотнокислый—0,08—0,8. t=45—65° С, τ = 0,25—0,5 мин; Q = 10—15 мкм. Состав агрессивен.

20. Азотная кислота (1,4)—10—20; бифторид аммония—10—20; свинец азотнокислый—0,03—0,8; хромовый ангидрид—0,—3 0,5. t=55—65° С; τ=0,1—0,5 мин.

Повышенный блеск у недостаточно однородных составов алюминия высокой чистоты.

21. Азотная кислота (1,4)—2,9—5,8. фторид аммония—4,4—8,8; гуммиарабик—0,4—2; свинец азотнокислый—0,025—0,2. t=55—65° С; τ=0,15—0,5 мин.

То же, что (19), (20), но для деталей, предварительно не шлифованных.

22. Азотная кислота (1,4)—8,5; фторид аммония (без свинца)—4,4; гуммиарабик — 2,6; плавиковая кислота—2,6; свинец азотнокислый—0,03. t=65—75° С; τ=40—60 с. Для алюминия 99,9%— оптимальный состав.

(% об.)

23. Серная кислота (1,84)—25—50; фосфорная кислота (1,7)—75—80. t=90—100° С. Нужно хорошее предварительное шлифование.

24. Азотная кислота (1,4)—10; серная кислота (1,84)—40; фосфорная кислота (1,7)—50. t = 100° С; τ = 0,5—7 мин. Аналогично (23).

25. Азотная кислота (1,4)—5; серная кислота (1,84)—20; фосфорная кислота (1,7)—75. t=100° С; τ=2—5 мин. Аналогично (23).

Таблица 14.8

НАЗНАЧЕНИЕ РАСТВОРОВ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

Объект полирования	№ состава
Алюминий чистейший (99,9%)	3, 4, 5, 6, 7, 14, 17, 18, 19
» чистый	1, 2, 9, 13, 15, 16, 22, 23, 24, 25, 30, 31
» технический	8, 10, 11, 20, 21
Сплавы алюминия:	
типа АМг	6, 7, 8, 11, 13, 14, 27, 28, 29, 31
типа АМц	11, 13, 31
типа Д1, Д16	11, 13, 31
Силумины	12, 26

26. (г/л). Азотная кислота (1,4)—500; плавиковая кислота—100. t=20° С.

27. Азотная кислота (1,4)—31; ацетат меди—1% вес.; серная кислота (1,84)—21; фосфорная кислота (1,7)—48. t=110° С; τ= =0,25—1 мин.

28. Ацетат кадмия—1,2; натрий азотнокислый—8—10; натрий сернокислый—4—5; фосфорная кислота (1,7)—75—85. t = 100—130° С; τ=0,35 мин.

29. (г/л). Азотная кислота (1,4)—250; калия бихромат—100. t=80—85° С.

30. (вес. ч.). Азотная кислота (1,4)—60; медь азотнокислая—1; натрий азотнокислый—20; ПАВ (ОП и т. п.)—0,1; фосфорная кислота (1,7)—920. t = 90—100° С; τ = =0,5—4 мин.

31. (мл). Азотная кислота (1,4)—100; медь азотнокислая—1 г; серная кислота (1,84)—200; фосфорная кислота (1,7)—700. t=100—110° С; τ=0,5—4 мин.

2.3. МЕДЬ И ЕЕ СПЛАВЫ

1. (мл). Азотная кислота (1,4)—20; серная кислота (1,84)—80; соляная кислота (1,19)—1; хромовый ангидрид—50—60. t = =13—18° С; τ=1—2 мин.

2. (% вес.) Калий азотнокислый—23—21; фосфорная кислота (1,7)—77—79. t = =13—18° С; τ=0,5—3 мин.

3. (% вес.). Азотная кислота (1,4)—20; уксусная кислота (1,06)—40; фосфорная кислота (1,7)—40. t=20° С; τ=2 мин.

4. (% об.) Азотная кислота (1,4)—15; уксусная кислота (ледяная)—20; фосфорная кислота (1,75)—65. t = 60—70° С; Q = = 25—40 мкм. (Обильное газовыделение, недолговечен).

5. (мл). Азотная кислота (1,4)—200; тиокарбамид—0,2; уксусная кислота (ледяная)—250; фосфорная кислота (1,7)—550. t=20° С; τ=2—6 мин.

6 (г/л). Азотная кислота (1,4)—900; натрий хлористый—5; сажа—5.

7. (г/л). Азотная кислота (1,4)—500; натрий хлористый—10; серная кислота (1,84)—250. Охлаждать при работе.

8. (мл). Азотная кислота (1,4)—50; сажа—5; серная кислота (1,84)—500; соляная кислота (1,19)—10. t = 20° С; τ = 0,15—0,5 мин.

9. (г/л). Азотная кислота 40%-ная—600; натрий хлористый—3; серная кислота (1,84)—400; цинка сульфат—2.

10. (мл). Азотная кислота (1,4)—250; вода—500; соляная кислота (1,19)—150; спирт этиловый—100. τ—несколько десятков секунд.

11. (мл).

	А	Б
Азотная кислота (1,4)	65	20
Вода	5	—
Натрий хлористый	1 г	—
Соляная кислота (1,19)	—	0,01
Уксусная кислота (1,05)	5	40
Фосфорная кислота (1,7)	30	40
t, °С	18—25	25—30
τ, с	1—5	20—60

А—для бронзы; Б—для латуни. Съем за 2 с—0,5—1 мкм на сторону.

Таблица 14.9

НАЗНАЧЕНИЕ РАСТВОРОВ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВ

Объект полирования	№ состава
Бронза	2, 7, 11
Латунь	2, 4, 5, 7, 10, 11
Медь	1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
Мельхиор	3
Нейзильбер	3

2.4. РАЗЛИЧНЫЕ ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ

1. (г/л). Азотная кислота (1,4)—130—150; серная кислота (1,84)—15—20; хромовый ангидрид—150—200. t=15—25° С; τ = 120—180 с.

2. Азотная кислота (1,4)—15 мл/л; алюминий азотнокислый—5; натрий уксуснокислый—30; серная кислота (1,84)—15 мл/л; хромовый ангидрид—60. t=18—25° С; τ—до 60 с.

3. (вес. ч.). Хромовый ангидрид—200—300; азотная кислота (1,4)—100—200; серная кислота (1,84)—15—20. t=15—25° С; τ=3—5 с. В раствор перед работой вводят немного сернокислой меди или растворяют кусок медной проволоки. Промытые детали осветляют в растворе (г/л): едкий натр—70—80; сода кальцинированная—30—40. t=20° С.

4. Соляная кислота (1,19)—200 г/л.

(% вес.)

5. Азотная кислота (1,4)—50; серная кислота (1,84)—50.

6. Азотная кислота—5—10; вода—90—95.

7. (% об.). Азотная кислота (1,4)—8—15; вода—10—12; серная кислота (1,84)—15—25; фосфорная кислота (1,7)—45—60. t = =60—90° С; τ=60—180 с.

8. (мл). Азотная кислота (1,4)—300; серная кислота (1,84)—100; уксусная кислота (1,06)—500; фосфорная кислота (1,65)—100. t=80—95° С; τ=30—120 с.

9. (% об.) Азотная кислота (1,4)—30—40; уксусная кислота (ледяная) — 60—70. На 100 мл смеси добавляют 0,5 мл соляной кислоты (ρ=1,19); t=70—80° С; τ=30—60 с.

10. Азотная кислота (1,4) —350; соляная кислота (1,19) — 12; уксусный ангидрид — 350; укусная кислота (1,05) — 350. t=18—25° С; τ=15—30 с. Для сплавов: t=50—60° С; τ=30—90 с; съем — 2—5 мкм.

11. (мл). Азотная кислота (1,4)—150; фосфорная кислота (1,8) — 850. t=100° С; τ=2—3 мин.

12. (% об.). Азотная кислота (1,4)—30; уксусная кислота (ледяная) — 70. t=70—80° С; τ=2—3 с.

13. Фосфорная кислота (1,7)—150); серная кислота (1,84) — 50; соляная кислота (1,19) — 50; азотная кислота (1,4) — 20; фурфурол — 10 г; вода — 10 г. t=80° С; τ=3 мин.

14. Вода — 200; азотная кислота (1,4)—500 мл; бифторид аммония ($NH_4F \cdot HF$) — 100 г; кремнефтористая кислота 30—31%-ная — 200. t=20—25° С; τ — до 30 с.

15. (% вес.). Вода — до 100%; серная кислота — 18—25; фосфорная кислота — 35—50; фторид аммония — 2,5—5. t=40—60° С. Полируемые детали соединяют с двумя пластинами из металла платиновой группы, помещаемымн по сторонам. Это уменьшает наводороживание и улучшает полировку.

16. Химическое полирование титана возможно в расплаве едкого кали при 430±20° С в течение 10—20 мин. Затем следует промывка в воде и декапирование в 15—20%-ном растворе серной кислоты при 85±15° С в течение 20—30 с для удаления пленки титаната калия.

17. (% об.). Серная кислота (1,84)—60; азотная кислота (1,4) — 20; плавиковая кислота — 20. Полирование ведут при 15—25° С — 5—10 с.

18. Едкий натр — 400 г/л. t=60° С.

19. Серная кислота (1,84)—1—2; хромовый ангидрид — 100. t=18—25° С; τ= =2—3 с.

Таблица 14.10

НАЗНАЧЕНИЕ РАСТВОРОВ (1) — (19)

Объект полирования	№ состава
Кадмий	2, 18
Никель	7, 8, 9, 10, 11
Никелевые сплавы	10, 12
Ковар	12
Нихром	13
Тантал	17
Титан	14, 15, 16
Цинк	1, 2, 3, 4, 5, 6, 19

Некоторые индексы МКИ, которыми сведения, содержащиеся в главе XIV, классифицируются в патентной литературе:

C23	Обработка металлов немеханическими способами
C 23*b*	Электролитическая обработка поверхностей металлов
1/00, 3/00	Удаление веществ с поверхности металлов
3/00	Электролитическое травление или полирование
3/06	полирование
3/08	тяжелых металлов
3/10	легких металлов
C 23*f*	Химическая обработка поверхности металлов
3/00	Придание блеска металлам химическими средствами
3/02	легким металлам
3/04	тяжелым металлам
9/00	Пассивирование металлов

Некоторые индексы УДК, которыми сведения, содержащиеся в главе XIV, классифицируются в печатных изданиях:

621.357.12	Электролиз в водных растворах
621.357.8	Гальванические методы травления, блестящего полирования и окрашивания
621.923.7	Полирование
621.923.9	Прочие способы (процессы) шлифования и полирования

СОСТАВЫ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО (КОНТАКТНОГО) НАНЕСЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Химическое (контактное) нанесение металлических покрытий — процесс, представляющий значительный технологический интерес, так как в отличие от гальванического способа нанесения металлопокрытий он протекает без пропускания электрического тока через ванну и позволяет наносить металлические покрытия также и на поверхность неметаллических деталей и изделий.

Вместе с тем возможности химического нанесения металлопокрытий по ассортименту наносимых металлов и сплавов ограничены, а свойства получаемых осадков иногда ниже свойств осадков, полученных гальваническим путем.

К настоящему времени наиболее проверены практически составы и условия химического осаждения меди и никеля на металлы и никеля, серебра и меди — на пластмассы. Сведения об этих составах и являются в основном предметом рассмотрения в данной главе.

Покрытия другими металлами и сплавами проводятся реже, но некоторые сведения о соответствующих составах приводятся здесь.

1. МЕДНЕНИЕ

Нанесению медных, так же как и других покрытий должны предшествовать тщательная очистка и обезжиривание покрываемой поверхности, а по окончании процесса, перед сушкой — интенсивная промывка.

Составы для меднения металлических поверхностей (г/л).

1. Медь сернокислая — 80—100; едкий натр — 80—100; натрий углекислый — до 30; никель хлористый — 2—4; сегнетова соль — 150—180; формалин 40%-ный — 30—35 мл/л.

2. Медь сернокислая — 6—10; едкий натр — 8—10; натрий углекислый — 2—4; никель хлористый — 2—4; сегнетова соль — 40—50; формалин 40%-ный — 8—10 мл/л; селен — 0,8—1,0 мг/л. t=20° С; pH=12,2—12,5.

3. Гуминовая кислота — 1,6—1,8; медь сернокислая — 20—60; едкий натр — 20—60; натрий углекислый — 15—35; сегнетова соль — 80—200; формалин 40%-ный — 25—70 мл/л. t=18—20° С; pH=12,4.

4. Аммиак водный 25%-ный — 90—150 мл/л; боргидрид натрия — 0,5—1,5; медь сернокислая — 7—11; едкий натр — 9—12; сегнетова соль — 20—40. t=20° С; pH=13—13,3; скорость осаждения Q= = 4 мкм/ч.

5. Диэтилдитиокарбамат натрия — 1—10 мг/л; медь сернокислая — 35—70; едкий натр — 50—75; сегнетова соль — 170—200; формалин 40%-ный — 20—30 мл/л. t=20—25° С; pH=12—13; Q=0,5 мкм/ч.

6. Медь сернокислая — 25—35; едкий натр — 40—50; натрий углекислый—25—30; сегнетова соль — 150—170; спирт этиловый — 5—10 мл/л; тиосульфат натрия — 2—3 мг/л; формалин 40%-ный—20—25 мл/л. pH=11,5—12; Q=3 мкм/ч.

7. Медь сернокислая — 14—12; едкий натр — 9—7; натрий углекислый — 4—3; никель хлористый — 4—3; сегнетова соль — 45—40; тиосульфат натрия — 1—2 мг/л; формалин 40%-ный — 40—52 мл/л.

8. Глицерин — 90—110; катапин 5%-ный — до 2,5 мл/л; медь сернокислая — 90—110; едкий натр — 90—110; натрий углекислый — до 30; формалин 40%-ный — 35—40 мл/л.

9. Медь сернокислая — 10—50; едкий натр — 10—30; сегнетова соль — 40—70; формалин 40%-ный — 15—25 мл/л.

10. Медь сернокислая — 8—50; серная кислота — 8—50.

11. Калий виннокислый — 115; медь сернокислая — 63; натрий углекислый — 143.

Составы для меднения поверхностей пластмасс (г/л). Особенностью операций химической металлизации пластмасс является необходимость предварительной активации их поверхности (см. п. 8 этой главы).

1. Растворы для меднения пластмасс:

	А	Б
Глицерин, мл	250	200
Едкий натр 20%-ный, мл	1400	1120
Углекислая медь, г	200	200

Глицерин смешивают с едким натром и при сильном перемешивании добавляют карбонат меди до полного растворения. Раствор (А) нужно готовить не менее чем за 24 ч до использования. С ним можно

непрерывно работать 8 ч без корректировки. Раствор (Б) — для работы менее 8 ч.

Для меднения к 100 мл состава (А) или (Б) добавляют 15 мл 35—40%-ного формальдегида. Длительность меднения — 10—12 мин.

2. Раствор для меднения пластмасс под последующее гальваническое покрытие. Раствор А: медь сернокислая — 50 г; никель хлористый — 12,5; гидразин сернокислый — 37,5; вода — до 1000. Раствор Б: едкий натр — 37,5; сегнетова соль — 150; натрий углекислый — 12,5; вода — до 1000. Для работы составы (А) и (Б) смешивают 1 : 1. Меднение во вращающихся барабанах. Предварительная сенсибилизация хлористым оловом и активация хлористым палладием (см. п. 8 этой главы).

3. Четырехкомпонентная смесь для меднения стекла и пластмасс. А—15—20%-ный раствор сернокислой меди; Б — 25%-ный раствор аммиака; В — 2%-ный раствор сернокислого гидразина; Г — 20%-ный раствор едкого натра. К (А) добавляют (Б) до растворения осадка. Смешивают сначала с (В), затем с (Г). Соотношение А : Б : В : Г=1,5 : 0,5 : 3,5 : 1. Зеркальное покрытие получают при 40° С за 3 мин.

4. Раствор для меднения пластмассы под последующее гальваническое меднение (г/л). Раствор А: медь сернокислая — 35; сегнетова соль — 173; едкий натр — 52; вода — до 1000. Раствор Б: формальдегидсульфоксилат цинка — 200 г; вода — до 1000. А : Б — 1 : 1. Длительность меднения — 30—40 мин.

5. Раствор для меднения отверстий в фольгированном диэлектрике СФ для печатных плат. Медь сернокислая — 100; едкий натр — 100; сегнетова соль — 170; натрий углекислый — 30; спирт этиловый — 50 мл/л; спирт поливиниловый — 50 мл/л; формалин 40%-ный — 35—40 мл/л; осаждение при вибрации — 20—25 мин. Q=7—9 мкм. Предварительно — обработка 10%-ным ОП-10 или ОП-7; τ=1—2 мин.

6. Раствор для электропроводящего подслоя на диэлектриках. Калия-натрия тартрат — 25; медь сернокислая — 5; едкий натр — 7; формалин 40%-ный — 10. pH=12,8; Q=0,9—1 мкм/ч.

7. Раствор для металлизации печатных плат. Калия-натрия тартрат — 50; медь сернокислая — 10; едкий натр — 10; формалин 40%-ный — 10. pH=12,9.

8. Покрытие повышенной адгезии к гладкой основе. Калия-натрия тартрат — 22,5; медь сернокислая — 7; едкий натр — 4,5; натрий углекислый—2; никель хлористый—2; формалин 40%-ный — 26. pH=12,1; Q=0,4 мкм/ч.

9. Раствор повышенной концентрации. Калия-натрия тартрат — 142; медь сернокислая — 29; едкий натр — 42; натрий углекислый — 9; трилон Б — 12; триэтаноламин — 5; формалин 40%-ный — 167. pH=11,5; Q=8 мкм/ч. Покрытие темного цвета. Стабильность раствора невысока.

10. Стабильный раствор для меднения. Глицерин — 100; медь сернокислая — 100; едкий натр — 100; натрий углекислый — 10; триэтаноламин — 10; формалин 40%-ный — 40. Q=6—10 мкм/ч.

11. Раствор для меднения пластмасс. Медь сернокислая — 10; формалин 40%-ный — 20 мл/л; трилон Б — 30; тринатрийфосфат — 15. pH=12—13.

12. Раствор для металлизации пластмасс. Медь сернокислая — 10; натрия-калия тартрат—22; аммиак (25%-ный раствор) — 140 мл/л; едкий натр — 10; боргидрид натрия — 1—3. pH=13,25; Q=3 мкм/ч при 20° С.

13. Состав для аэрозольного нанесения меди (моль/л): А — ацетат меди (II)—0,17; Б — гидразингидрат — 15; едкий натр—0,35. Скорость истечения раствора — 22 мл/мин. Поверхность стекла предварительно активируют серебром.

14. Состав для получения медных печатных схем на пластиках, стекле, ферритах:

	А	Б
Сульфат меди	5	80
Едкий натр	7	80
Натрия-калия тартрат	40	400
Формалин 40%-ный	10	80

(А) — для погружения; (Б) — для разбрызгивания.

15. Состав для аэрозольного нанесения меди. А — формалин 37%-ный — 80 мл/л; Б — медь сернокислая — 80; калия-натрия тартрат — 80; едкий натр — 80. За 25—30 с на поверхности, нагретой до 95° С, — покрытие 0,8 мкм. Ниже 65° С процесс прекращается.

Таблица 15.1

НАЗНАЧЕНИЕ РАСТВОРОВ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО МЕДНЕНИЯ

Назначение	№ состава
Получение печатных схем	5, 6, 7, 14
Меднение пластических масс	1—15
Меднение стекла	3, 6, 8, 14
Меднение отверстий в печатных платах	5, 7
Меднение ферритов	14
Меднение аэрозольным распылением	13

Растворы для химического меднения, как правило, недостаточно стойки. Ниже приводится ряд рецептов стабилизированных, более устойчивых и долговечных составов (г/л).

1. Медь сернокислая — 7,5; едкий натр — 20; натрий цианистый — 500 мг/л; трилон Б — 15; формалин 40%-ный — 40 мл/л.

2. Медь сернокислая — 7,5; едкий натр — 5; натрий цианистый — 20 мг/л; трилон Б—15; формалин 40%-ный — 6 мл/л. Q=0,5 мкм/ч при t=55° С.

3. Медь сернокислая — 10; едкий натр — 3; сукцинонитрил — 20 мг/л; тиомочевина — 0,02 мг/л; трилон Б — 20; формалин 40%-ный — 6 мл/л.

4. Медь сернокислая — 18; едкий натр — 25; натрий серноватистокислый — 19 мг/л; натрия-калия тартрат — 85; натрий угле-

кислый—40; формалин 40%-ный—100 мл/л; этиловый спирт — 3 мг/л.

5. Медь сернокислая — 25—35; едкий натр—40—50; натрий серноватистокислый—2—3 мг/л; калия-натрия тартрат—150—170; натрий углекислый — 25—30; формалин 40%-ный — 20—25 мл/л; этиловый спирт — 5—10 мг/л.

6. Глицерин — 50; медь сернокислая — 50; едкий натр — 50; натрий серноватистокислый — 5 мг/л; натрия-калия тартрат — 170; натрий углекислый — 30; формалин 40%-ный — 100 мл/л. Q=5—10 мкм/ч.

7. Медь сернокислая — 35—70; едкий натр — 50—75; натрий диэтилдитиокарбамат — 1—10 мг/л; натрия-калия тартрат — 170—200; формалин 40%-ный—20—30 мл/л. Q=3 мкм/ч.

8. Медь сернокислая — 10; едкий натр — 16; натрия-калия тартрат — 16; параформ — 8; роданин — 5 мг/л.

9. Дихинолин — 10 мг/л; медь сернокислая — 5; едкий натр — 30; натрия-калия тартрат — 150; натрий углекислый — 20; формалин 40%-ный—100 мл/л. Q=6 мкм/ч.

10. Калия селенит — 100 мг/л; медь сернокислая — 10; едкий натр—15; трилон Б—20; формалин 40%-ный — 9 мл/л.

11. Медь сернокислая — 10; едкий натр — 24; натрия-калия тартрат — 24; селеноциануксусная кислота — 3 мг/л; формалин 40%-ный — 12 мл/л.

12. Калия-натрия тартрат — 34; едкий натр—10; медь сернокислая—7; углекислый натрий — 6; формалин 40%-ный — 50 мл.

13. Медь сернокислая — 7,5; калия-натрия тартрат — 30; едкий натр — 10—30; формалин 40%-ный — 20 мл.

2. НИКЕЛИРОВАНИЕ

Химическое никелирование — наиболее широко применяемый и хорошо изученный из всех процессов химического осаждения металлов. Ниже представлены составы растворов, используемых для этой цели.

1. Никель хлористый — 30 г; гипофосфит натрия — 10; лимоннокислый натрий — 10; вода — до 1000. Q=0,005 мм/ч при 85° С.

Предварительная подготовка: очистка хромовой смесью, промывка, сенсибилизация в хлористооловянном растворе, активирование хлоридом палладия (см. п. 8). Применим для никелирования любых неметаллических материалов.

2. Уксуснокислый никель —20—25; гипофосфит натрия — 25—30; глицин — 15—20 или лейцин — 8. t=95—98° С, 1 дм² поверхности на 1 л раствора. Корректировать через 1 ч. Q=18—24 мкм/ч.

3. Сернокислый никель — 10; пирофосфат натрия — 30; гипофосфит натрия — 30; бифторид аммония — 20—30. pH=9—9,5; t=70—75° С; Q=11—12 мкм/ч.

Корректирование ежечасно, фильтрование и добавка: 2,5 г/л сернокислого никеля; 8 г/л гипофосфита натрия, 20%-ный раствор едкого натра — до pH=9—9,5.

Предварительное обезжиривание (г/л): едкий натр — 10; тринатрийфосфат—50—60; жидкое стекло — 30. При 60—70° С — 3—5 мин, затем травление в составе: уксусная кислота (ледяная) — 200; азотнокислый натрий — 50.

4. Растворы для никелирования титановых сплавов ВТ1, ВТ2, ВТ5. Предварительная подготовка — по одному из следующих вариантов:

А — химическое активирование в растворе; плавиковая кислота 40%-ная — 200 г; металлический цинк — 100 г; этиленгликоль — 800 мл. pH=1, t=18—20° С; τ=1—2 мин. Б — глубокое травление: серная кислота — 60%. t=60—80° С. τ=15 мин. В — травление в растворе: плавиковая кислота 48%-ная — 185 мл/л; азотная кислота 70%-ная — 8,6 мл/л. Затем глубокое травление в соляной кислоте (1,19) при 18—20° С — 1 ч. Г — катодная обработка в соляной кислоте (1,19). При $D_к$=2—10 А/дм² — τ=120 мин и при $D_к$=20 А/дм² — τ=60 мин; t=18—20° С.

(А) стравливает 5—6 мкм в минуту; (Б), (В) — 8—10 мкм за 40 мин (при необходимости сохранения точных размеров — не рекомендуются); (Г) — сохраняет точные размеры.

После травления ведут химическое никелирование из растворов (г/л): А — уксуснокислый никель — 15; гипофосфит натрия — 10; pH=4—4,5; t=90—92° С. Б — сернокислый никель — 30; гипофосфит натрия — 10; уксуснокислый натрий — 10. pH=4—4,5; t=90—92° С. Максимальная скорость осаждения в растворе (А) — 15,5 мкм за 45 мин при pH=5 и t=99° С.

Таблица 15.2

НАЗНАЧЕНИЕ РАСТВОРОВ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО НИКЕЛИРОВАНИЯ

Назначение	№ состава
Никелирование	
алюминия и его сплавов	2
графита	1
кварца	1
карбидов	1
магниевых сплавов	3
пластмасс	1
полупроводников	1
титана и его сплавов	1, 4

Хорошая стабилизация как кислых, так и щелочных растворов для никелирования достигается добавкой в них уротропина (гексаметилентетрамина) в количестве 0,5—3 г/л и ведением процесса при t=87—102° С.

Приготовление раствора производят в емкости, заполненной на 1/2 объема водой. Все компоненты, кроме гипофосфита натрия, растворяют при перемешивании в любой последовательности. Уротропин растворяют непосредственно в растворе. Гипофосфит натрия растворяют отдельно и вводят в раствор. После этого в щелочные растворы вводят аммиак, а в кислые — кислоту для доведения до нужной pH. Раствор доводят до рабочего уровня, нагревают до t=87—102° С, после чего он готов к употреблению.

3. ЦИНКОВАНИЕ И КАДМИРОВАНИЕ

Химическое цинкование находит заметное практическое применение не только как самостоятельное покрытие, но и как подслой, облегчающий последующее гальваническое нанесение других металлов на легкоокисляющиеся металлы, например алюминий.

Подобная обработка, называемая цинкатной, проводится обычно в щелочных растворах цинковых соединений.

Химическое (контактное) получение прочно сцепленных с основой мелкокристаллических осадков цинка, в частности на сплавах титана, достигается применением раствора, содержащего следующие компоненты (г/л): сернокислый цинк — 10—20; лимоннокислый натрий — 75—95; фтористый аммоний — 120—150; столярный клей — 0,3—0,5.

Процесс ведут при температуре 18—25° С и pH=5,5—6,0 в течение 1—3 мин. Поверхность покрываемых деталей перед контактным цинкованием подготовляют обычным способом: обезжиривают, травят в смеси плавиковой и азотной кислот. Раствор готовят путем последовательного растворения всех компонентов, pH раствора доводят после введения фтористого аммония добавлением аммиака до 5,5—6,0.

На сплавах титана осаждается тонкая пленка цинка, которая имеет прочное сцепление с основой и служит подслоем для нанесения гальванических и химических покрытий.

Прочность сцепления химического никелевого покрытия, нанесенного по пленке цинка, осажденного контактным способом, составляет 7—9 кгс/мм^2.

Кадмиевые покрытия, равномерные по толщине, блестящие, мелкокристаллические, прочно сцепляемые с основой, можно получать как на медной, так и на стальной основе из раствора, содержащего хлористый кадмий (25—30 г/л), в который вводят (г·мл/л): этилендиамин основной 20%-ный — 289—290; хлористый аммоний — 40—45; едкий натр — 40—45; боргидрид натрия — 2—2,5; триэтиленгликоль — 50—55; ПАВ «Прогресс» — 0,2—0,25.

Восстановление ионов кадмия до металла из водного раствора его соли в присутствии комплексообразователя — этилендиамина, буферирующей добавки — хлористого аммония, ускорителя — триэтиленгликоля осуществляется боргидридом натрия.

При изготовлении раствора в небольшом количестве воды растворяют навеску соли кадмия, затем вводят этилендиамин, хлористый аммоний, триэтиленгликоль, смачивающее вещество «Прогресс». В отдельной емкости растворяют навеску едкого натра. После охлаждения раствора щелочи вводят навеску боргидрида натрия и помещают до полного растворения последнего. Затем смешивают предыдущие растворы и добавляют воды до требуемого объема. Покрытия производят в контакте с более отрицательным металлом — алюминием или магнием (для сдвига потенциала восстановления ионов кадмия), который применяется в виде подвесного приспособления. Основное требование к подвеске — обеспечить жесткий контакт с деталью.

Температура осаждения — 80—90° С; pH — до 14; Q=14—15 мкм/ч.

Получение кадмиевого осадка повышенного качества при химическом (контактном) кадмировании достигается тем, что в состав раствора вводят трилон Б, сегнетову соль, гипофосфит калия, хлорид алюминия, сульфокислоту о-крезола, а также условиями проведения процесса. Процесс проводят в растворе состава (г/л): хлорид кадмия — 6—30; трилон Б — 36—180; сегнетова соль — 80—180; гипофосфит калия — 1—100; хлорид алюминия — 1—12; едкий натр—100—300; сульфокислота о-крезола— 1—2 мм/л при температуре 106—109° С в щелочной среде. Перед покрытием детали травят в 10—15%-ной соляной кислоте при 50—80° С. Для приготовления раствора сначала готовят титрованный раствор хлорида кадмия с Т — 0,6 г/мл, раствор трилона Б — с Т — 0,3625—0,38 г/мл, раствор сегнетовой соли с Т — 0,8 г/мл и раствор гипофосфита калия с Т — 0,5 г/мл.

Раствор для химического кадмирования готовят путем приливания к раствору соли кадмия трилона Б, раствора алюминиевой соли, сегнетовой соли, едкого натра и сульфокислоты о-крезола. Полученный раствор нагревают до 106—109° С. Гипофосфит вводят в раствор перед загрузкой деталей. Раствор корректируют 10—15%-ным раствором едкого натра с растворенным в нем гипофосфитом в количестве 10—15 г на 1 л раствора. Толщина кадмиевого покрытия — 7—8 мк/ч, микротвердость — 15,2 кгс/мм^2.

При нанесении покрытий, например, на медь и ее сплавы необходим кратковременный контакт с отрицательным металлом (железом, цинком, алюминием).

4. ЛУЖЕНИЕ (ОЛОВЯНИРОВАНИЕ)

Составы растворов для лужения (г). 1. Олово хлористое — 10; кислый виннокислый калий — 20; вода — 100. Лудят погружением или поливом.

2. Олово хлористое — 20; натрий молочнокислый — 200; вода — 1000.

3. Олово хлористое — 10; сернокислый алюминий-аммоний (квасцы) — 300; вода — 1000.

4. (г/л). Тиомочевина — 40—45; олово двухлористое — 8; серная кислота — 30—40. t=18—25° С; τ=15—30 мин; перемешивание обязательно. Отношение поверхности детали (см^2) к объему раствора (см^3)=1 : 6.

Алюминиевые изделия обезжиривают в органическом растворе, после чего обрабатывают в течение 5 мин при 70° С в растворе, содержащем по 56 г/л углекислого и фосфорнокислого натрия, а затем в течение 30 с — в разбавленной 1 : 1 азотной кислоте, и после промывки — в течение 20—60 с в растворе следующего состава (г/л):

5. Станнат натрия — 20—80; пирофосфат калия — 30—120; щавелевокислый аммоний — 10—20; едкий натр — 1,5—7.

Кислотность приготовленного раствора доводят до pH=12,8 натриевой щелочью. Температуру рабочего раствора поддерживают в интервале от 20 до 40° С. После обработки изделий их без промывки погружают под током в пирофосфатный электролит меднения с добавкой щавелевокислого аммония или в пирофосфатный электролит для нанесения желтой оловянистой бронзы.

6. Хлористое олово — 5—15; трилон Б — 15—25; лимоннокислый натрий — 25—50. pH=2—6; t=70—90° С; в контакте с магнием или алюминием; Q=7—10 мкм/ч.

Раствор готовят путем растворения в воде при температуре 80—90° С трилона Б с последующим введением в раствор при постоянном перемешивании хлористого олова, а затем лимоннокислого натрия. Раствор корректируют, периодически добавляя в него хлористое олово. Он устойчив в работе при любых температурах.

Покрываемые детали помещают в раствор лужения. Подвеску, на которой крепит детали, соединяют проводником с пластинкой, помещенной в пористый керамический сосуд, заполненный раствором каустической соды (10—15 г/л). Для замыкания цепи пористый керамический сосуд погружают в раствор до совмещения с уровнем раствора каустической соды. Покрытия получаются светлые, равномерные, прочно сцепленные с основой, толщиной до 50 мкм и твердостью HB=10—12 кгс/мм^2.

7. Двухлористое олово — 6—9; серная кислота — 32—42; тиомочевина — 38—48; азотнокислый висмут — 2—4. t=200° С; τ= = 25—30 мин; плотность загрузки—3 дм^2/л. Платы покрываются составом, содержащим 0,5—1 % Bi.

Раствор приготовляется следующим образом.

К 500 мл дистиллированной воды приливают половину от рецептурного количества серной кислоты, добавляют в этот раствор требуемое количество двухлористого олова и растворяют при перемешивании, получая раствор № 1.

Азотнокислый висмут растворяется в воде. Затем полученный раствор отделяется от нерастворившейся части соли, и к нему приливается раствор едкого натра. При этом выпадает желтый осадок гидроокиси висмута, который тщательно промывается большой порцией воды и растворяется в серной кислоте, взятой в количестве, равном половинному количеству от рецептурного. Для этого к осадку гидроокиси осторожно, по каплям, при перемешивании приливают серную кислоту, получая раствор № 2. Далее в раствор № 1 приливают при перемешивании раствор № 2. Тиомочевину вводят в виде сухой соли, водой доводят объем до 1 л.

При погружении в этот раствор печатных плат с медными проводниками на последних осаждается блестящее светлое покрытие, состоящее из олова и висмута.

Таблица 15.3

НАЗНАЧЕНИЕ РАСТВОРОВ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО ЛУЖЕНИЯ

Назначение	*№ состава*
Лужение:	
алюминия	5
печатных плат	7
различных металлов	2, 3, 4, 6
цинка	1
Скоростное лужение	6

5. ПОКРЫТИЕ ДРАГОЦЕННЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Серебрение. 1. (г/л). Гипофосфитное серебрение. Цианистое серебро — 10; цианистый натрий (своб.) — 20; гипофосфит натрия — 10. t=50° С.

2. (вес. ч.). Серебрение с контактным металлом. Хлористое серебро — 20; железистосинеродистый калий — 100; углекислый калий — 100; аммиак 30%-ный — 100; натрий хлористый — 40; вода — 1000. Раствор фильтруют. К покрываемому серебром изделию присоединяют цинковую проволоку или полоску, погружаемую вместе с ним в раствор.

Пасты для химического серебрения натиранием (вес. ч.):

	3	4
Хлористое серебро	10	10
Натрий хлористый	10	20
Калий углекислый	20	—
Винная кислота	—	20
Мел отмученный	15	—
Вода	До пастообразного состояния	

Пастами интенсивно натирают очищенные металлические поверхности.

5. Тиосульфатное серебрение. Раствор А: тиосульфат натрия — 1000 г; вода — 1000. Раствор Б: серебро азотнокислое — 0,6 г; вода дистиллированная — 0,2. (А) вливают в (Б) до тех пор, пока появившийся осадок не растворится вновь. В образовавшийся раствор погружают очищенные детали. Тонкие осадки серебра — блестящи, толстые — матовы.

6. Бисульфитное серебрение в насыщенных растворах. В насыщенный на холоду раствор тиосульфита вливают насыщенный при 50° С раствор бисульфита до покраснения лакмусовой бумажки. Полученный раствор добавляют к насыщенному на холоду раствору азотнокислого серебра до тех пор, пока образовавшийся осадок не растворится вновь. Раствор серебрит сталь, латунь, медь.

7. Паста для виннокислого серебрения. Хлористое серебро — 30 г; винная кислота — 250; натрий хлористый — 1250; вода — до густой пасты. 10—15 г пасты растворяют в 1 л кипящей воды. Серебрение проводят при кипении.

8. Составы для серебрения пластмасс. Раствор А: азотнокислое серебро — 6 г; едкий натр — 6; аммиак 30%-ный — 8 мл; вода — до 1000. Азотнокислое серебро и едкий натр растворяют в 150 мл воды, затем добавляют аммиак

до растворения осадка. Доводят до полного объема. Раствор Б: сахароза — 37,5 г; серная кислота 10%-ная — 3 мл; вода — 500 мл. Сахарозу кипятят с 150 мл воды и кислотой 10 мин. Приливают аммиак до pH=3—4. Остывший раствор доводят до 500 мл.

9. Состав для прочного серебрения пластмасс. Раствор А: азотнокислое серебро — 60 г; аммиак 30%-ный — 60 мл; вода — до 1000. Раствор Б: формальдегид 40%-ный — 65 мл; вода — до 1000. Рабочий раствор получают смешением (А) и (Б) в отношении 1 : 1.

10. Комбинированный раствор для серебрения пластмасс. Раствор А: азотнокисное серебро — 10; вода — до 1000. Раствор Б: аммиак (ρ=0,88) — 200 мл; вода — до 1000. Раствор В: едкое кали — 10 г; вода — 100.

Растворы (А) и (В) смешивают в соотношении 20 : 1, затем добавляют раствор (Б). Смесь фильтруют и перед серебрением добавляют к ней один из следующих составов восстановителя: Г: сахар — 100 г/л; азотная кислота (ρ=1,22) — 5 мл/л; этиловый спирт — 200 мл/л. Д: формалин 30%-ный — 50 мл; вода — до 1000. Е: сегнетова соль — 100 г; вода — до 1000.

Соотношения смеси (А + Б + В) = С с одним из этих восстановителей таковы: С : Г=20 : 1; С : Д=10 : 1; С : Е=5 : 1. τ = =10—15 мин.

Растворы для серебрения пластмасс разбрызгиванием (г/л). **11.** Раствор А: азотнокислое серебро — 14—16; едкий натр (кали) — 8—10; аммиак 25—27%-ный — 36—60 мл; вода — до 1000. Раствор Б: сахароза — 5; винная кислота — 0,3; формалин 40%-ный — 0,3; сернокислая (уксуснокислая) медь — 0,02—0,05 или сахароза — 5; серная кислота — 0,5 мл; формалин 40%-ный — 4 мл; сернокислая (уксуснокислая) медь — 0,02—0,05. Для разбрызгивания 1 объем (А) иа 1 объем (Б).

12. Раствор А: азотнокислое серебро — 21; аммиак 25%-ный — 20 мл; вода — до 1000. Раствор Б: сернокислый гидразин — 27; глиоксаль — 20; вода — до 1000.

13. Раствор А: азотнокислое серебро — 18,5; аммиак 25%-ный — 15 мл; вода — до 1000. Раствор Б: глиоксаль — 25,5 мл; триэтаноламин — 9 мл; вода — до 1000.

Золочение. 1. Холодное золочение с контактным металлом. Вода — 500 г; хлорное золото — 0,5 г; тринатрийфосфат — 40 г. К покрываемому золотом изделию присоединяют цинковую проволоку или полоску, погружаемую вместе с ним в раствор.

2. Горячее золочение с контактным металлом. Хлорное золото — 1; железосинеродистый калий — 10 г; углекислый калий — 10 г; хлористый натрий — 10 г; вода — 350 г. Контактный металл — цинк. Золотят в кипящем растворе.

Пирофосфатное золочение (г/л):

	3	4
Золото хлорное	1	1
Пирофосфат натрия	80	80
Цианистый калий	—	2

При добавлении небольших количеств азотнокислого серебра цвет осадка изменяется от желтого к зеленоватому.

5. Золочение в комплексных солях (г/л). Золото-калий цианистый (дицианоаурат калия) — 1,5; калий цианистый — 10; тринатрийфосфат — 8; натрий сернокислый — 4; едкий натр — 1,5. Золотят в кипящем растворе. Длительность — несколько секунд.

Платинирование. 1. Хлоридное платинирование. Платина хлорная — 10; натрий хлористый — 200. Покрывают в кипящем растворе.

2. Платинирование натиранием. Платина хлорная — 25; аммоний хлористый — 25; калий виннокислый кислый — 50. Смесь увлажняют и натирают платинируемую поверхность.

6. ПОКРЫТИЕ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

1. Пирофосфатное палладирование (г/л). Соль двухвалентного палладия — 10—12; аммиак 25%-ный — 8—0 мл; гипофосфит натрия — 3—5; пирофосфат натрия — 50—80; фторид аммония — 13—15.

Пирофосфат стабилизирует раствор; фторид натрия ускоряет осаждение; гипофосфит — восстановитель металла из соли.

2. Осаждение сплава палладий — фосфор (моль/л). Палладий хлористый — 0,008—0,012; гипофосфит натрия — 0,08—0,12; этилендиамин — 0,06—0,10. Процесс ведут при pH=4—10 и t=55—60° С.

Образующиеся светлые, блестящие и прочно сцепленные с подложкой покрытия могут содержать до 7,8% фосфора, количество которого в сплаве регулируют путем изменения pH раствора. Скорость осаждения покрытий — 1,7—1,9 мкм/ч. При толщине более 1 мкм покрытия являются практически беспористыми. Твердость покрытий после термообработки при 3000° С составляет 500 кгс/мм².

3. Покрытие неметаллов сернистым свинцом. Раствор А: уксуснокислый свинец 30%-ный. Раствор Б: едкое кали 50%-ное. Раствор В: тиомочевина 20%-ная.

7. ПОКРЫТИЕ СПЛАВАМИ

Химическое осаждение двойных и тройных сплавов металлов (г/л). Составы повышенной стабильности для осаждения сплава никель—бор:

	1	2
Боргидрид натрия	0,6—1,2	0,8—0,9
Едкий натр	4—40	40—50
Калия метабисульфит	1—1,5	—
Калий-натрий виннокислый	30—35	—
Никель хлористый	10—30	80—100
Этилендиамин 50%-ный	10—30 мл/л	114—120
Фенантролин	—	0,02—0,25
t,° С	40—60	90—92
pH	13—14	13—14
Микротвердость осадка, кгс/мм²	500	2000

3. Осаждение сплава никель — бор. Едкий натр — 2,5—8; никель хлористый — 15—20; тиосульфат натрия — 0,02—0,1; этилендиамин 100%-ный — 12—18 мл; этилендиаминдиборан — 0,9—2,5. t=30—70° С; pH=12,7—13; плотность загрузки — 2 дм²/л.

4. Стабильный состав для осаждения сплава никель—бор (г/л). Боргидрид тетраметиламмония — 1—2; едкий натр — 4—40; пирофосфат калия — 30—60; никель хлористый — 10—15; тиосульфат натрия — 0,001—0,004; этилендиамин 100%-ный — 4—10. t=30—90° С; pH=12,9—14; плотность загрузки — 2 дм²/л; Q=1—6 мкм/ч.

Растворение компонентов последовательное. Осадок блестящий, содержит 94% никеля, 6% бора. Твердость до термообработки HV=500 кгс/мм², после термообработки — 1500 кгс/мм². Перед нанесением пластмассы активируют, а медные сплавы кратковременно контактируют с более электроотрицательными металлами, например алюминием.

5. Осаждение сплава никель — бор при невысокой температуре. Борингидразин — 0,5—1,5; калий уксуснокислый — 35—60; никель хлористый — 15—20; этилендиамин 50%-ный — 10—25. t=20—50° С; pH=8,5—10,5; Q=0,3—1,5 мкм/30 мин. Плотность загрузки — 1 дм²/л. Покрытие содержит 97,5% никеля, 2,5% бора. Твердость 360 кгс/мм².

6. Покрытие стеклопластика сплавом никель—бор. Подготовка: обезжиривание 5—10 мин при 50° С в составе: «Прогресс» 20%-ный — 18 мл/л; тринатрийфосфат — 20 г/л; сода кальцинированная — 20 г/л. Промывка водой, травление 1 мин при 60° С в составе (об. ч.): вода — 22; плавиковая кислота 70%-ная — 26; серная кислота (1,84) — 28.

Сенсибилизация — 1—2 мин при 20° С в составе (г/л): олово (металл) — 2; олово двухлористое—50; соляная кислота (1,19)— 10—15 мл/л. *Активация* в составе (г/л): палладий хлористый — 0,25; соляная кислота (1,19) — 10 мл/л; промывка, затем никелирование в составах (г/л):

	А	Б
Боргидрид натрия	1	—
Гидразинборан	—	1
Едкий натр	40	—
Натрия ацетат	—	60
Натрия тиосульфат ($5H_2O$)	—	0,05
Никеля хлорид ($6H_2O$)	30	20
Персульфат калия	2	—
Сегнетова соль	40	—
Этилендиамин 60%-ный	20 мл/л	—

pH=7,6; t=50—60° С; Q=5 мкм/ч. Покрытие из (А) содержит 6—7% бора, из (Б) — 2% бора.

7. Осаждение сплава Ni—Co (моль/л). $CoCl_2 + NiCl_2$ — 0,05; $N_2H_4 \cdot HCl$ — 1; Na — тартрат — 0,4; тиомочевина (мг/л) — 3. pH=12,0; t=90° С; Q=3 мкм/ч; при равных концентрациях Co и Ni содержание Co ≃ 65%.

8. Осаждение сплава никель — олово (г/л). Аммоний фтористый—2—5; гидразингидрат — 1—10; едкий натр — 10—20; натрий лимоннокислый — 30—150; никель хлористый — 20—40; олово двухлористое — 2—10; этилендиамин 50%-ный — 20—90. t=80—95° С; Q=6—16 мкм/ч. Твердость — 90—130 кгс/мм².

Состав покрытия: 18—26% олова, остальное — никель. Последовательно растворяют лимоннокислый натрий, двухлористое олово, хлористый никель, фтористый аммоний, доливают этилендиамин и едкий натр. Перед работой вводят гидразингидрат. Для ускорения начала процесса возможен контакт детали с алюминием 1—2 с.

9. Осаждение сплава никель — хром. Аммония фторид—5—7; гипофосфит натрия калия — 7—10; натрия (калия) цитрат — 7—10; никеля хлорид — 7—10; хром хлорный — 15—20; pH=4,0—4,5; t=86—92° С; плотность загрузки — 1—1,5 дм²/л; Q=3 мкм/ч. Сплав содержит (%): никель — 74—80; хром — 16—20; фосфор — 4—6. Подложка — медь или сталь. При 2—3 мкм слои беспористы, жаропрочны.

10. Покрытие стекла сплавом никель — фосфор. Подготовка: обезжиривание в растворе едкого натра; травление хромовой смесью; сенсибилизация раствором двухлористого олова; гидролиз в воде; сушка при 100° С; активирование раствором двухлористого палладия; обработка 3%-ным раствором гипофосфита натрия. Никелирование при 70—80° С в составе (г/л): натрия (моно)гипофосфит — 16; натрия ацетат — 10; никеля хлорид — 22; уксусная кислота — до pH=4,5—5. Промывка горячей водой и сушка при 100° С.

11. Осаждение сплава никель — фосфор (г/л). Калия пирофосфат — 70—90; калий фосфорноватистокислый — 15—20; калий фосфорнокислый двузамещенный — 15—25; калий фталевокислый кислый — 0,5—1,5; калий фтористый — 5—10; никель сернокислый — 25—35; тиомочевина — 0,01—0,02. t=60—75° С; pH=8,2—8,6.

12. Осаждение сплава никель — железо—бор. Железо сернокислое закисное — 10; едкий натр — 40; натрий борфтористоводородный — 1: натрия-калия тартрат—40; никеля хлорид — 30; этилендиамин — 15. t=60(20)° С; Q=3(05) мкм/ч.

Содержание в покрытии (%): железо — 30(60); бор — 3(3).

13. Осаждение сплава никель — железо — бор. Диметиламиноборан в этиловом спирте — 3; железо сернокислое закисное — 30; натрия-калия тартрат — 60; натрия цитрат — 100; никеля хлорид — 30. t=60° С. Покрытие содержит (%): железа — 70; бора — 3.

14. Осаждение сплава никель — железо—бор. Боргидрид натрия—1,0—1,2; железо сернокислое (II) — 2,5—15; метабисульфит калия — 2—4; едкий натр — 40—50; никель хлористый — 25—30; сегнетова соль — 50—60; этилендиамин — 7,5—10. t=20—60° С; pH=14; плотность загрузки— 2 дм²/л; Q=1—3 мкм/ч.

В водном растворе сегнетовой соли и этилендиамина растворяют никель хлористый, железо (II) сернокислое и метабисульфит калия, к ним добавляют боргидрид, растворенный в растворе едкого на-

тра. Раствор корректируют введением соответствующих компонентов, растворенных в аммиаке. Осажденный сплав содержит (%): железо — 40; бор и никель — 36. Твердость покрытия, содержащего 40% железа, — 400 кгс/мм²; пористость при толщине 5 мкм — 1—2 поры на 1 см², плотность — 7,7 кг/дм³. Покрытие обладает магнитными свойствами.

15. Осаждение сплава никель — рений — бор. Едкий натр — 40; натрий борфтористоводородный — 0,6; натрия перренат — 2,7; никеля хлорид — 30; этилендиамин — 60. t=90° С; Q=4 мкм/ч; содержание в покрытии: рения — 20%; бора — 6%.

16. Осаждение сплава никель — цинк — бор. Аммония гидрат (25%-ный) — 160; аммоний хлористый—1; диметиламиноборан—1—2; никеля хлорид — 5; цинк хлористый—5. t=40—60° С; содержание в покрытии цинка — 20%.

17. Никель — вольфрам — бор. Калия вольфрамат — 40; едкий натр — 40; натрий борфтористоводородный — 1; натрия-калия тартрат — 40; никеля хлорид — 30; этилендиамин — 15. t=90° С; Q=6 мкм/ч; содержание в покрытии вольфрама—7%; бора—3%.

18. Осаждение сплава никель — вольфрам — бор. Боргидрид натрия — 1—1,2; калия вольфрамат — 5—30; метабисульфит калия — 2—4; едкий натр — 40—50; никель хлористый — 10—30; сегнетова соль — 30—40; этилендиамин — 15—30. t=90—95° С; рН=13—14. Плотность загрузки — 2 дм²/л. Q=5—6 мкм/ч. Покрытия никель—вольфрам—бор могут быть нанесены на детали сложной конфигурации, изготовленные из металла, стекла или пластмассы. Перед нанесением покрытия поверхность покрываемых деталей обрабатывают обычными способами: пластмассы активируют, а сплавы, например, меди кратковременно контактируют с более электроотрицательными металлами. Раствор готовят путем растворения хлористого никеля в воде с добавлением сегнетовой соли, этилендиамина, вольфрамата калия, после чего приливают щелочной раствор боргидрида натрия и стабилизатор — метабисульфит калия. Раствор корректируют путем периодического добавления соли никеля, боргидрида натрия и метабисульфита калия.

Получаемые покрытия—блестящие (50—60%), немагнитные, прочно сцепленные с основой; содержат 3% бора и 3—9% вольфрама, остальное — никель. Твердость покрытия до термообработки — 500 кгс/мм², после термообработки — 1500 кгс/мм².

19. Осаждение сплава никель — молибден — бор. Боргидрид натрия—0,6—1,2; метабисульфит натрия — 2—4; молибдат натрия — 3,1—31; никель хлористый — 25—30; этилендиамин—40—60. t=80—90° С, плотность загрузки — 2 *дм²/л*; Q=4—5 *мкм/ч*. Стекло активируют, сплавы меди контактируют с алюминием. Состав сплава (%): молибден — 3—8; бор — 5—7, остальное — никель. Твердость после термообработки 950—1000 кгс/мм². Включение в сплав 10—20% молибдена повышает блеск покрытий на 10—20%.

20. Осаждение сплава никель — молибден — бор. Едкий натр — 40; натрий борфтористоводородный — 1; натрий молибденовый — 62; никеля хлорид — 30; этилендиамин — 60. t=90° С; Q=3 мкм/ч. Покрытие содержит молибден — 7,6%, бор — 6—7%.

21. Осаждение сплава никель — олово — бор. Едкий натр — 35—45; натрий борфтористоводородный — 0,6—1,6; никеля хлорид — 10—30; олово двухлористое — 2—10; этилендиамин — 80—170. t=90—95° С; Q==12—14 мкм/ч; содержание в покрытии олова — 5—10%.

Осаждение сплава никель — кобальт — бор:

	22	23	24
Аммиак 25%-ный, мл/л	130	—	160
Боргидрид натрия	1	—	—
Натрия ацетат	—	20	—
Никеля хлорид	10	15	45
Кобальта хлорид	45	15	5
Спирт метиловый	—	50	50
Аммония хлорид	12	5	—
Добавки	45	3,55	1
t,° С	40	70	25—35

Добавки: к (22) — тетраэтиламмоний бромид; к (23) и (24) — диэтиламиноборан; рН везде 5.

Химическое осаждение сплава никель — кобальт — фосфор (г/л). 1. Аммония гидрат — до требуемого рН; аммоний хлористый — 50; кобальта хлорид—30, натрия гипофосфит—20; натрия цитрат — 100; никеля хлорид — 30. рН==8,5; t=90° С; Q = 14 мкм/ч; содержание кобальта — 23%, фосфора — 6,9%.

2. Аммония гидрат — до требуемого рН; аммоний хлористый — 50; кобальта хлорид — 30; натрия гипофосфит — 20; натрия цитрат — 100; никеля хлорид — 15. рН=8,5; t=90° С; Q=9 мкм/ч; содержание кобальта — 37%, фосфора — 5,5%.

3. Аммония гидрат — до требуемого рН; аммония сульфат — 40; кобальта сульфат — 17,65; натрия гипофосфит — 18,8; натрия цитрат — 80; никеля сульфат — 25. рН=8; t=75—95° С; содержание фосфора—1—2%.

4. Аммония гидрат — до требуемого рН; аммоний хлористый — 50; кобальта сульфат — 35; натрия гипофосфит — 20; натрия-калия тартрат — 200; никеля хлорид — 25. рН=8—10; t=80° С; содержание кобальта — 40%, фосфора — 4%.

5. Аммония гидрат — до требуемого рН; аммоний сернокислый — 65; кобальта сульфат — 14; натрия гипофосфит — 20; натрия-калия тартрат — 140; никеля сульфат — 14. рН=9,0; t=90° С; Q=20 мкм/ч; содержание кобальта — 40%, фосфора — 2%.

6. Аммония гидрат — до требуемого рН; аммоний сернокислый — 65; кобальта сульфат — 14; натрия гипофосфит — 20; натрия цитрат — 60; никеля сульфат — 14. рН=9,0; t=90° С; Q=15 мкм/ч; содержание кобальта — 40%, фосфора — 4%.

7. Аммония гидрат — до требуемого рН; борная кислота — 30; кобальта сульфат — 14; натрия гипофосфит — 20; натрия цитрат — 60; никеля сульфат — 14. рН=7,0;

t=90° C; Q=7 мкм/ч, содержание кобальта — 65%, фосфора — 8%.

8. Аммония гидрат — до требуемого pH; аммоний хлористый — 100; кобальта хлорид — 1; натрия гипофосфит — 20; никеля хлорид — 1. t=20/70° C; Q=0,1 мкм/ч; содержание кобальта — 27%.

9. Кобальт сернокислый — 15—20; натрия гипофосфит — 20—35; натрий лимоннокислый — 90—95; натрий уксуснокислый — 50—200; никель сернокислый — 20—30. pH=6,0—7,0; t=95—96° C.

Осаждение тройных сплавов с кобальтом и фосфором (г/л). 1. Осаждение сплава кобальт — железо — фосфор. Аммоний хлористый — 40; железо сернокислое закисное — 0—20; кобальт сернокислый — 25; натрия гипофосфит — 40; натрия цитрат — 30. pH=8,1; t=80° C; Q=10 мкм/ч; содержание в покрытии (% вес.): железа — 0—45; фосфора — 4,8—0,3.

2. Осаждение сплава CoFeP. Аммоний хлористый — 50; железоаммониевые квасцы — 1,5; кобальт сернокислый — 30; натрия гипофосфит — 20; натрия-калия тартрат — 200. pH=7,8; t=71° C; Q=3 мкм/ч; содержание в покрытии (% вес.): железа — 5,4; фосфора — 4,6.

3. Осаждение сплава кобальт — цинк — фосфор. Аммоний хлористый — 12,5; калий роданистый — 0—0,002; кобальт хлористый — 7,5; натрия гипофосфит — 3—5; натрия цитрат — 19,8; цинк хлористый — 1. pH=8,2; t=80° C; содержание в покрытии (% вес.): цинка — 4; фосфора — 4.

4. Осаждение сплава кобальт — рений — фосфор (мл/л). Аммония гидрат 25%-ный — 60; аммоний хлористый — 50; кобальт хлористый — 30; калий перренат — 0,8; натрия гипофосфит — 20; натрия цитрат — 80. pH=8,9; t=95° C; содержание в покрытии (% вес.): рения — 30; фосфора — 4.

5. Осаждение сплава кобальт — вольфрам — фосфор (мл/л). Аммония гидрат 25%-ный — 60; аммоний хлористый — 50; кобальт хлористый — 30; натрий вольфрамат — 30; натрия гипофосфит — 20; натрия цитрат — 80. pH=8,9; t=95° C; содержание в покрытии (% вес.): вольфрама — 9; фосфора — 4.

6. Осаждение сплава кобальт — молибден—фосфор. Аммония гидрат 25%-ный — до pH=9—9,5; аммоний молибдат — 0,004—0,04; аммоний хлористый — 40—50; кобальт хлористый — 25—30; натрия гипофосфит — 15—20; натрия цитрат — 80—100. t=85—90° C; Q=5 мкм/ч; содержание в покрытии (% вес.): молибдена — 1; фосфора — 3.

7. Осаждение сплава кобальт — медь — фосфор (мл/л). Аммония гидрат 25%-ный — 35; аммоний хлористый — 40; кобальт сернокислый — 20; медь сернокислая — 0—1,2; натрия гипофосфит — 20; натрия цитрат — 50. pH=8,9—9,1; t=90° C; Q=5 мкм/ч; содержание в покрытии (% вес.): меди — 0—23; фосфора — 2—3.

8. Осаждение сплава кобальт — рений — бор (г/л). Боргидрид натрия — 0,61—1; кобальт хлористый — 20—25; едкий натр — 30—40; натрий лимоннокислый — 80—100; перренат натрия—0,16—2,7; этилендиамин—60—80.

9. Осаждение сплава никель — медь — фосфор (г/л). Гипофосфит натрия — 20—30; медь сернокислая — 1,2—2,5; натрия цитрат — 40—50; натрия ацетат — 8—30; никеля сульфат — 8—12. pH=8—9; t=80—90° C; Q=1—2 мкм/ч. Раствор готовят путем последовательного растворения всех компонентов.

8. СЕНСИБИЛИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ХИМИЧЕСКОМ НАНЕСЕНИИ ПОКРЫТИЙ

Качество покрытия и степень сцепления его с поверхностью при химической металлизации неметаллических материалов в значительной степени зависят от характера подготовки поверхности. Одной из основных операций подготовки поверхности является ее активирование (очувствление — сенсибилизация). Для этого применяются разнообразные составы, часть которых приводится здесь. Составы (1)—(8) применяются перед серебрением и пригодны для других видов покрытий.

1. Стандартный станнатный сенсибилизатор (% вес.). Хлорное олово — 5—10; вода — 95—90. Полиметилакрилат, непластифицированный поливинилхлорид, фенолформальдегидные смолы обрабатывают 20—30 мин.

2. Сернохромовый очувствитель. Серная кислота — 100 мл; калия бихромат — 15 г; вода — 25—30 мл. (Некоторым пластикам придает и шероховатость.)

3. Сенсибилизатор с гидрохиноном. Соляная кислота — 20 мл; хлористое олово — 25 г; гидрохинон — 20 г; дистиллированная вода — до 1000 мл.

4. Фторборатный сенсибилизатор. Фторборат олова — 15—20 г; борфтористоводородная кислота 40%-ная—250 мл; τ=0,5—1 мин. Добавка 75—100 г хлористого натрия ускоряет процесс.

5. Состав для сенсибилизации трудносмачиваемых пластмасс. Хлористое олово—30 г; соляная кислота — 25 мл; спиртовый раствор некаля—4 мл; некаль (порошок)—0,5—1; вода — до 1000 мл. τ=3 с—1 мин. Полиметилметакрилат, поливинилхлорид.

6. Хиноновый сенсибилизатор. Хлористое олово — 25—40 г; серная кислота — 5—20 мл; этиловый спирт — 150—250 мл; хинон — 5—15 г; вода — 600—1000 мл.

Станнатные сенсибилизаторы разной концентрации:

	7	8	9
Хлористое олово, г	75	10	1
Соляная кислота, мл	54	40	—
Вода, мл	До 1000	До 1000	До 1000

τ=1—2 мин при перемешивании. (7) — высококонцентрированный; (8) — средней концентрации; (9) — низкой концентрации.

10. Свинцовый сенсибилизатор. Свинец уксуснокислый или азотнокислый — 10%.

11. Сенсибилизаторы для никелирования пластмасс и полупроводников. А — хлористое олово — 70 г; соляная кислота — 33 мл; вода — до 1000 мл. Затем промывка и обработка в растворе Б. Б — палладий хлористый — 0,1 г; соляная кислота — 1 мл; вода — до 1000 мл. (pH=0,9—4,2; t=18—25° С). Промывка.

12. Сенсибилизатор для химического меднения пластмасс. Титан треххлористый — 50 мл; соляная кислота — 20 мл; вода — до 1000 мл. τ=1—2 мин. Затем активирование поверхности в растворе: платина четыреххлористая — 0,25 г; вода — до 1000 мл. τ=5—10 мин.

13. Сенсибилизатор для химического меднения пластмасс. Палладий хлористый — 0,15—0,25 г; соляная кислота — 10 мл; вода — до 1000 мл. При 20—30° С — обработка — 1—2 мин.

Некоторые индексы МКИ, которыми сведения, содержащиеся в главе XV, классифицируются в патентной литературе:

C23	Обработка металлов немеханическими способами; покрытие изделий металлами
C23*b*	Электролитическое нанесение покрытий
5/64	нанесение токопроводящих покрытий на неметаллические изделия для целей гальваностегии
C23*c*	Способы и устройства для покрытия изделий металлами
3/00	Покрытие металлами путем обработки растворами или суспензиями соединений металлов
3/02	в присутствии восстановителя
3/04	с последующим термическим разложением соединений металлов

Некоторые индексы УДК, которыми сведения, содержащиеся в главе XV, классифицируются в печатных изданиях:

621.357.53	Образование электропроводящей поверхности на неметаллических предметах
621.793	Нанесение металлических покрытий
621.793.3	Нанесение металлических покрытий путем осаждения защитного металла из растворов его солей (без внешнего источника тока). Контактное осаждение
621.793.32	методом погружения
621.793.322	в горячие растворы
621.793.324	в холодные растворы
621.793.4	Нанесение металлических покрытий при помощи солей или других нерастворимых соединений

ГЛАВА XVI

ОХЛАЖДАЮЩИЕ СОСТАВЫ

Охлаждение среды или объекта обработки до пониженных или низких температур используется во многих технологических процессах. Техника получения холода в настоящее время настолько развита, что, как правило, применение охлаждения не вызывает затруднений, так как промышленность выпускает разнообразную аппаратуру от компрессионных и адсорбционных холодильников для незначительного охлаждения до установок, производящих сжиженные газы для глубокого охлаждения.

Вместе с тем, в производственной практике часто возникает необходимость в эпизодическом, кратковременном охлаждении различных объектов при отсутствии промышленной аппаратуры и установок. В этих условиях используют разнообразные охлаждающие составы, которые содержат вещества, вызывающие при смешении между собой понижение температуры среды либо воды, в которой они растворяются. Ниже приводятся рецепты некоторых охлаждающих составов различных типов.

Охлаждающие смеси на основе твердой углекислоты (CO_2) получают, смешивая последнюю с органическими жидкостями. При этом достигаются следующие предельные температуры смеси: с этиловым спиртом — до —72° С; с этиловым эфиром—до —77° С; с хлороформом — до —77° С.

Охлаждающие смеси, состоящие из неорганических солей и воды, значительно шире распространены. Они характеризуются несложностью приготовления, безопасностью в обращении и доступностью. В следующих ниже таблицах приведены составы таких смесей.

Таблица 16.1

ОДНОКОМПОНЕНТНЫЕ ОХЛАЖДАЮЩИЕ СОСТАВЫ СОЛЬ — ВОДА

№ в порядке возрастания охлаждающей способности	Вещество	Количество (вес. ч.) в 100 г воды	Понижение температуры от начальной на, °С
1	Натрий хлористый	36	2,5
2	Аммоний сернокислый	75	6,4
3	Сульфат натрия ($10H_2O$)	20	6,8
4	Сульфат магния ($7H_2O$)	85	8,0
5	Натрий углекислый ($10H_2O$)	40	9,1
6	Калий хлористый	30	12,6
7	Аммоний хлористый	30	18,4
8	Аммоний азотнокислый	75	18,5
9	Тиосульфат ($5H_2O$)	110	18,7
10	Кальций хлористый ($6H_2O$)	250	23,2
11	Аммоний азотнокислый	60	27,2
12	Аммоний роданистый	133	31,2
13	Калий роданистый	150	34,5

Таблица 16.2

ОДНОКОМПОНЕНТНЫЕ ОХЛАЖДАЮЩИЕ СОСТАВЫ СОЛЬ — СНЕГ

№ в порядке понижения температуры эвтектической точки	Вещество	Количество вес. ч. на 100 г снега	Понижение температуры до эвтектической точки (°С)
1	Натрий сернокислый ($10H_2O$)	96	−1,2
2	Натрий углекислый ($10H_2O$)	20	−2,1
3	Магний сернокислый ($7H_2O$)	51,5	−3,9
4	Цинк сернокислый	27,2	−6,5
5	Барий хлористый	22,5	−7,8
6	Натрия тиосульфат (H_2O)	67,5	−11
7	Калий хлористый	30	−11,1
8	Аммоний хлористый	25	−15,8
9	Аммоний азотнокислый	45	−17,35
10	Натрий азотнокислый	37	−18,5
11	Аммоний азотнокислый	59	−18,5
12	Аммоний сернокислый	62	−19
13	Натрий хлористый	33	−21,2
14	Магний хлористый	20,6	−33,6
15	Кальций хлористый ($6H_2O$)	143	−55
16	Кали едкое	31,5	−65

Таблица 16.3

ДВУХКОМПОНЕНТНЫЕ ОХЛАЖДАЮЩИЕ СОСТАВЫ СОЛЬ — ВОДА

№ в порядке возрастания охлаждающей способности	Компоненты	Количество вес. ч. на 100 г воды	Понижение температуры до (°С)
1	Аммоний хлористый Натрий азотнокислый	22 51	−9,8
2	Аммоний хлористый Калий азотнокислый	29 18	−10,6

Продолжение табл. 16.3

№ в порядке возрастания охлаждающей способности	Компоненты	Количество вес. ч. на 100 г воды	Понижение температуры до (°C)
3	Аммоний азотнокислый Натрий азотнокислый	72 60	−17
4	Аммоний роданистый Натрий азотнокислый	78 59	−19,6
5	Аммоний роданистый Калий азотнокислый	82 15	−20,4
6	Калий роданистый Аммоний азотнокислый	139 10	−22,4
7	Аммоний роданистый Аммоний азотнокислый	75 48	−22,7

Таблица 16.4

ДВУХКОМПОНЕНТНЫЕ ОХЛАЖДАЮЩИЕ СОСТАВЫ СОЛЬ — СНЕГ

№ в порядке возрастания охлаждающей способности	Компоненты	Количество (г) на 100 г снега	Понижение температуры до (°C)
1	Калий азотнокислый Аммоний хлористый	13,5 26	−17,8
2	Аммоний азотнокислый Натрий азотнокислый	52 30	−25,8
3	Калий азотнокислый Аммоний роданистый	9 67	−28,2
4	Аммоний азотнокислый Аммоний роданистый	32 59	30,6−
5	Аммоний хлористый Натрий азотнокислый	13 37,5	−30,7
6	Калий азотнокислый Калий роданистый	2 112	−34,1
7	Аммоний роданистый Натрий азотнокислый	39,5 54,5	−37,4

Таблица 16.5

ОХЛАЖДАЮЩИЕ СМЕСИ НА АЗОТНОЙ КИСЛОТЕ (ВЕС. Ч.)

Компоненты и температура	1	2	3	4	5
Кислота азотная	40	40	40	40	40
Сульфат натрия	—	60	—	—	60
Снег или лед	—	—	—	70	—
Аммоний азотнокислый	60	40	—	—	—
Двунатрийфосфат	—	—	90	—	—
Хлористый аммоний	20	—	—	—	—
Понижение температуры до (° C)	−20	−23	−24	−35	−40

Таблица 16.6

ОХЛАЖДАЮЩИЕ СМЕСИ НА СОЛЯНОЙ КИСЛОТЕ (ВЕС. Ч.)

Компоненты и температура	1	2	3
Кислота серная	25	90	50
Сульфат натрия	75	80	—
Снег или лед	—	—	80
Понижение температуры до (° C)	−13	−18	−32

Таблица 16.7

ОХЛАЖДАЮЩИЕ СМЕСИ НА СЕРНОЙ КИСЛОТЕ (ВЕС. Ч.)

Компоненты и температура	1	2	3	4	5	6
Серная кислота	8	13	25	40	72	100
Лед	100	100	100	100	100	100
Понижение температуры до (° C)	−16	−20	−25	−20	−35	−70

Таблица 16.8

ОХЛАЖДАЮЩИЕ СМЕСИ НА ХЛОРИСТОМ КАЛЬЦИИ ($6H_2O$) (ВЕС. Ч.)

Компоненты и температура	1	2	3
Кальций хлористый	82	125	143
Лед	100	100	100
Понижение температуры до (° C)	−21,5	−40,3	−55

Антифризы. Антифризами называются жидкости с низкой температурой замерзания, применяемые для заполнения охлаждающих систем (радиаторов, теплообменников) с целью отвода тепла.

Составы некоторых антифризов приведены в табл. 16.9.

Таблица 16.9

СОСТАВЫ ЭТИЛЕНГЛИКОЛЕВЫХ АНТИФРИЗОВ

Компоненты и температура	1	2	3	4	5
Этиленгликоль, % вес., не менее	52	52	94	64	64
Вода, % вес., не более	47	47	5	35	35
Декстрин, г/л, не менее	1	1	1,85	1	1
Двунатрийфосфат, г/л	2,5—3,5	2,5—3,5	4,4—5,6	3—3,5	3—3,5
Молибденово-кислый натрий, г/л	—	7,5—8	—	—	8—10
Температура замерзания, ° C, не более	−40	−40	−40	−65	−65
Марка антифриза	40	40М	40К	65	65М

Некоторые индексы МКИ, которыми сведения, содержащиеся в главе XVI, классифицируются в патентной литературе:

B 60h		Отопительные, холодильные, вентиляционные и прочие устройства для обработки воздуха
	1/04	С использованием тепла от охлаждающей жидкости
	3/00	Прочие устройства
	3/04	охлаждение
C 01 c		Аммиак и его соединения
	1/00	Аммиак
C 01d		Соединения щелочных металлов
	3/00	Галогениды натрия или калия
	11/00	Прочие соединения щелочных металлов
C 07 c		Органическая химия. Ациклические и карбоциклические соединения
	19/08	Алифатические насыщенные углеводороды, содержащие фтор
	21/18	Алифатические ненасыщенные углеводороды, содержащие фтор
	31/02	одноатомные спирты
	31/18	многоатомные спирты
	31/20	гликоли

Некоторые индексы УДК, которыми сведения, содержащиеся в главе XVI, классифицируются в печатных изданиях:

621.56/59	Холодильная техника
621.564	Холодильные агенты. Холодоносители
621.564.2	Собственно рабочие вещества. Холодильные агенты
621.564.23	Углекислота
621.564.31	Растворы хлористого натрия
621.564.32	Растворы других солей, кроме хлористого натрия
621.564.324	Растворы двух или нескольких солей
621.564.33	Растворы со свободными кислотами
621.564.36	Смеси воды и органических соединений
621.565.6	Холодильные установки с охлаждающими смесями

ГЛАВА XVII

СОСТАВЫ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО (ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО) НАНЕСЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Гальваническое нанесение металлических покрытий — один из наиболее широко применяемых технологических процессов, подробно освещенных в специальной литературе. В данной главе, соответственно задачам настоящей книги, приводятся лишь сведения рецептурного характера с частными технологическими указаниями, рассчитанные на использование их персоналом, достаточно знакомым с гальванотехникой.

Рецепты составов и режимы их применения охватывают практически все используемые в промышленности виды покрытий и предоставляют специалистам большой материал для выбора, сопоставления и создания новых вариантов электролитов. Разумеется, ими далеко не исчерпывается все разнообразие практически применяемых составов, тем более что число их ежегодно пополняется многими десятками разработанных рецептов.

1. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ МЕДНЕНИЯ

Нанесение медных покрытий на различные, в основном на черные, металлы — один из наиболее часто встречающихся в производственном обиходе гальванических процессов. Как правило, медь наносится в качестве подслоя (промежуточного слоя) между основным металлом (например, сталью) и последующим покрытием (например, никелем или хромом). Составы электролитов, используемых для нанесения меди, разнообразны по типу и содержанию компонентов.

Различают следующие основные группы медных электролитов: кислые, щелочные цианистые, пирофосфатные, борфтористые, кремнефтористые, аммонийные и ряд других.

1.1. КИСЛЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ

(г/л)

1. Медь сернокислая — 160—230; серная кислота — 60—78. $t=20°$ С; $D_к=2$—6 А/дм².

2. Медь сернокислая — 250; серная кислота — 75; $t=35$—40° С; $D_к=3$—5 А/дм².

3. Медь сернокислая — 200; меласса — 0,8; серная кислота — 50; тиомочевина — 0,04. $t=20°$ С; $D_к$ — до 7 А/дм².

4. Медь сернокислая — 250; серная кислота — 20; хромовый ангидрид — 2. $t=18$—25° С; $D_к=5$ А/дм².

5. Медь сернокислая — 230—270; серная кислота — 60—75; спирт этиловый — 8—10. $t=35$—40° С; $D_к=6$—12 А/дм².

6. Медь сернокислая — 180—210; НДСК — 0,1—0,2; серная кислота — 50—70; тиомочевина — 0,02—0,035. $t=18$—25° С; $D_к=5$—6 А/дм².

7. ДЦУ — 0,5—1; медь сернокислая — 250; серная кислота — 50; добавка $У_2$ — 2. $t=18$—25° С; $D_к=3$—7 А/дм².

8. Аммония сульфат — 50—60; медь сернокислая — 110—125; натрия сульфат — 50—60; этилендиамин (основание) 70%-ный — 60—70. pH=7,8—8,4; $t=22$—40° С; $D_к=1,5$—2,5 А/дм².

9. Медь сернокислая — 200; серная кислота — 1,2; цианиновый краситель — 0,008; этилендиамин — 1,2. $D_к=2$ А/дм².

10. β-пиколин — 0,005—0,1; диметилолтиомочевина — 0,01—0,05; медь сернокислая — 175—250; серная кислота — 50—150. $t=18$—40° С; $D_к=8$—25 А/дм².

11. β-пиколин — 0,01—0,02; медь сернокислая — 200—250; монометилол-тиомочевина — 0,01—0,03; серная кислота — 50—75. $t=18$—25° С; $D_к=2$—20 А/дм².

12. Гидразин — 0,15; медь сернокислая — 160—240; серная кислота — 40—90; производное гидразина — $0,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л. $t=20°$ С; $D_к=1$ А/дм².

13. Медь однохлористая — 20—30; соляная кислота — 400—550; уксусная кислота — 5—10. $t=18$—25° С; $D_к=1$—1,5 А/дм².

14. Медь сернокислая — 250—300; плавиковая кислота — 10—15; спирт этиловый — 1—2. $t=18$—25° С; $D_к=3$—4 А/дм².

15. Медь сернокислая — 250; серная кислота — 50; спирт этиловый — 10. $t=30$—35° С; $D_к=7$—10 А/дм².

16. Дисульфонафталиновая кислота — 1—2; медь сернокислая — 150; сахарин — 0,1—0,2; серная кислота — 20—30; этиловый спирт — 0,28—0,6.

17. Аммоний сернокислый — 20; клей столярный — 0,05; медь сернокислая — 30; серная кислота (1,84) — 5,5; фенол — 0,05. $t=18$—25° С; $D_к=0,5$—1 А/дм²; без перемешивания.

Назначение составов (1)—(17): [Везде имеется в виду сульфат меди (сернокислая медь — пятиводная, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$)].

1 — матовое меднение; рекомендуется перемешивание.

2 — матовое меднение для изделий правильной формы; рекомендуется перемешивание. При интенсивном перемешивании $D_к$ — до 30 А/дм².

3 — блестящее меднение, нужно перемешивание.

4 — быстрое матовое меднение, нужно перемешивание.

5 — матовое быстрое меднение, нужно перемешивание.

6 — блестящее меднение, нужно перемешивание.

7—блестящее меднение, подслой под блестящий никель или перед оксидированием.

8 — блестящее эластичное покрытие с хорошей адгезией. $S_а : S_к = 2:1$. Скорость покрытия — 0,4—0,6 мкм/мин.

9 — полублестящее сглаживающее меднение при низких напряжениях. Пределы содержания компонентов (г/л): медь сернокислая — 160—240; серная кислота — 40—60; этилендиамин — 0,6—1,2; цианиновый краситель — 0,005—0,01.

10 — блестящее покрытие при низких напряжениях. Моно- и диметилол-тиомочевина — продукт взаимодействия тиомочевины с формальдегидом.

11 — защитно-декоративное меднение. Слой до 20—30 мкм, рекомендуется перемешивание.

12 — полублестящее, выравненное, ненапряженное покрытие.

13 — для непосредственного меднения стали. Осадок светлый, мелкокристаллический до толщины 2 мкм. Можно завешивать детали без тока. Подготовка обычная. Для сложных деталей предпочтительна анодная обработка в смеси серной и фосфорной кислот.

14 — рекомендуется для нанесения меди на цирконий и его сплавы. Предварительно — анодная обработка, в том же составе 3—5 мин. Покрытия толстые — до 1 мм, не отслаивающиеся при отжиге при 600—700° С.

15 — рекомендуется для подготовки поверхности перед металлизацией напылением. Вначале ведут осаждение при интенсивном перемешивании. После осаждения первоначального слоя меди режим электроосаждения форсируют — плотность тока повышают до 10—22 А/дм², температуру — до 40—45° С. При отсутствии перемешивания электролита на поверхности осадка образуются плотные, структурно единые с первоначальным слоем меди дендриты. Процесс ведут до получения дендритов высотой 1,5—2 мм, после чего снова переходят на первоначальный режим наращивания меди. После окончания процесса поверхность промывается и очищается металлической щеткой для удаления слабых и рыхлых дендритов. Напыление металлов производится сразу после указанных выше операций. В случае необходимости можно производить травление и промывку медных осадков обычными способами.

Способ позволяет наносить слой металла толщиной 25—30 мм на гальванические копии толщиной 1,5—2,0 мм без какой-либо деформации последних.

16 — в 3/4 объема воды при 50° С растворяют медь сернокислую и серную кислоту, охлаждают до 18—20° С, добавляют понемногу НДСК и сахарин. Прорабатывают при $D_к$=2—8 А/дм², t=18—22° С.

17 — электролит блестящего меднения. Q=10 мкм/ч при $D_к$=0,75 А/дм². Подслой — никель. Покрытие беспористое, с хорошей адгезией.

Примечание. Для меднения титана применимы многие кислые медные электролиты. Завеска производится под током, затем двукратно дается (по 20—30 с) толчок тока удвоенной плотности.

Перед меднением поверхность активируют в составе (г/л): аммония бифторид — 45; аммоний уксуснокислый — 200. pH=6,8; t=18—20° С; τ=15 мин. При больших (выше 30—40 мкм) толщинах проводят термообработку в воздухе или инертной атмосфере (τ=3 мин; t=700—800° С).

1.2. ЦИАНИСТЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ

(г/л)

1. Медь цианистая — 45; едкий натр — 3; натрий углекислый — 15; натрий цианистый (общ.) — 55. pH=10,5—12; t=40—50° С; $D_к$ — до 2 А/дм².

2. Медь цианистая — 120; едкий натр — 30; натрий роданистый — 15; натрий цианистый (общ.) — 135. t=70—80° С; $D_к$=1—4 А/дм².

3. Медь цианистая — 15; натрий углекислый — 15—30; натрий цианистый (общ.) — 22. t=20—25° С; $D_к$=0,5—1,2 А/дм².

4. Аммоний фосфорнокислый однозамещенный — 5—10; медь цианистая — 60—110; едкий натр — 5—10; натрий углекислый — 30. t=30/40/70° С; $D_к$=3/5/7 А/дм².

5. Медь цианистая — 25—30; едкий натр — 15—20; натрий углекислый — 15—20; натрий цианистый (своб.) — 5—7; сегнетова соль — 40—60. t=40—50° С; $D_к$=1,5—2,5 А/дм².

6. Медь цианистая — 26; натрий углекислый — 30; натрий цианистый (общ.) — 35; сегнетова соль ($4H_2O$) — 45. pH=12—12,6; t=55—70° С; $D_к$=1,5—6 А/дм².

7. Едкое кали — 41,5; калий роданистый — 10; калий углекислый — 60; калий цианистый — 175; медь цианистая—120. t=70—85° С; $D_к$=1,5—6 А/дм².

8. Аммоний роданистый — 15; медь цианистая — 120; едкий натр — 30; натрий цианистый (своб.) — 4. t=75° С; $D_к$ — до 10 А/дм².

9. Медь цианистая — 70—90; едкий натр — 5—10; натрий углекислый — 15—30; натрий цианистый (своб.) — 6—10. t=50—60° С; $D_к$=5—6 А/дм².

10. Калий роданистый — 30—40; калий цианистый — 132—142 (общ.); медь (на металл) — 63—67; фурфуриловый спирт — 0,3—0,6. t=60—70° С; $D_к$=2—4 А/дм².

11. Натрий цианистый (своб.) — 10—20; тетрацианокупрат натрия — 40—50.

12. Медь цианистая —22,5; едкий натр — до pH=12—12,6; натрий углекислый — 15; натрий цианистый (общ.) — 34. t=32—43° С; $D_к$=1,1—1,6 А/дм².

13. Медь цианистая — 60; едкий натр — 40; натрий углекислый — 15; натрий цианистый (общ.) — 94. pH=13; t=77—82° С; $D_к$=3,2—6,5 А/дм².

Назначение составов (1)—(13):

1 — цианистое светлое меднение.

2 — типовой электролит с роданидом. $D_к$=1—2 А/дм²; η=99%; $S_а:S_к$=2:1.

3 — разбавленный цианистый электролит. η=30—60%; $S_а:S_к$=2:1.

4 — меднение с реверсом тока. $\tau_к$=10 с; $\tau_а$=1 с.

5 — обычное меднение. pH=10—11,5.

6 — меднение гладких поверхностей. η=30—70%; $S_а:S_к$=2:1.

7 — блестящее меднение.

8, 9 — светлое меднение.

10 — для равномерного блестящего меднения при реверсе тока $\tau_к$=15 с; $\tau_а$=3 с. При $D_к$=2 А/дм² Q=0,5 мкм/мин; при $D_к$=4 А/дм² Q=1 мкм/мин. $D_а$ — до 9 А/дм².

11 — обычное цианистое меднение. t=18—25° С; $D_к$=0,3—1,0 А/дм².

12, 13 — цианистое меднение.

1.3. РАЗЛИЧНЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ

(г/л)

1. Медь сернокислая — 50—100; аммоний пирофосфорнокислый — 110—230; аммоний фосфорнокислый двузамещенный — 50—100; полиэтиленполиамин — 1—5. pH=8,0—9,0; t=20—40° С; $D_к$=1—3 А/дм². Перемешивание.

2. Медь сернокислая — 50—60; аммоний сернокислый — 100—150; формамин — 50—60; аммоний лимоннокислый—50—60. pH=7,1—8,0; t=18—25° С; $D_к$ = 0,5—5 А/дм²; $D_а$=0,5—15 А/дм².

3. Медь сернокислая — 90—110; полиэтиленполиамин — 100—140; аммоний азотнокислый — 100—200; аммоний фтористый — 40—60. t=18—25° С; $D_к$=0,4—9,0 А/дм²; pH=8,4—9,2. При $D_к$=1 А/дм² Q = 8 мкм/ч; при $D_к$=5 А/дм² Q=30 мкм/ч.

4. Медь сернокислая — 50—60; гексаметилентетрамин — 50—60; аммоний сернокислый — 100—150; аммоний лимоннокислый — 50—60. t=18—25° С; pH=7,1—8; $D_к$ = 0,5—1,5 А/дм².

	% вес.	г/л
5. Борфторид меди	45	693
(На медь	12,1	186)
Свободная HBF_4	0,7	10,8
Свободная H_3BO_3	3,7	46,0
Плотность, г/см³	1,54	1,54

	6	7	8
Борфторид меди	448	336	224
(На медь	120	90	60)
Плотность по Боме	37,5—39	29—31	21—22
Макс. pH	0,6	0,7	1,7
t, ° С	27—49	27—49	27—49
$D_к$, А/дм²	В зависимости от назначения		
U, В	3—12	3—12	3—8
η, %	98	98	98
Ом/мл	6,6—4,7		8,4—5,9

9. Аммония оксалат — 200—250; медь сернокислая — 80—90. t=60—80° С; $D_к$=5—7 А/дм².

10. Медь сернокислая — 45—55; натрия пирофосфат — 200—240; калий (натрий) азотистокислый — 10—15. pH=7—8; t=55—65° С; $D_к$=0,3—0,8 А/дм². Аноды — в чехлах.

11. Медь сернокислая — 150—300; сульфаминовая кислота — 3—20. t=20° С; $D_к$=1—5 А/дм²; pH=1,2—2,2.

12. Медь сернокислая — 60—70; натрий сернокислый (безв.) — 50—120; полиэтиленполиамин — 70—80. pH=8,5—10,5.

13. Водорастворимое производное дитиокарбаминовой кислоты — 0,04—0,2; медь сернокислая — 220—240; метиленовый голубой краситель — 0,05—0,2; натрий хлористый — 0,03—0,2; препарат ОС-20 — 0,02—0,1; серная кислота — 50—70.

14. Медь сернокислая — 160—220; производное роданина — 0,1—0,16; серная кислота — 40—60.

15. Калий железистосинеродистый — 200; калий углекислый — 20; медь однохлористая — 30.

16. Глицерин — 40—50 мл/л; едкое кали — 150—200; калий железистосинеродистый — 10—15; тринатрийфосфат — 80—100; фосфорнокислая медь — 25—30.

17. Медь сернокислая — 25—35; натрия пирофосфат — 125—140; натрия фосфат двузамещенный — 50—85. pH=7,9—8,9; t=18—25° С; $D_к$=0,3—1,5 А/дм².

18. Медь сернокислая — 35; натрия пирофосфат — 140; натрия фосфат двузамещенный — 195; сегнетова соль — 25. t=25—35° С; $D_к$=0,5—1,0 А/дм².

19. Борная кислота — 15; борфтороводородная кислота — 15; медь борфтористая — 240. pH=1,2—1,7; t=18/55° С; $D_к$=30/60 А/дм².

20. Борная кислота — 30; борфтороводородная кислота — 30; медь борфтористая — 450. pH=0,2—0,6.

21. Кремнефтористая кислота — 10—15; меди кремнефторид — 400—450. t=20/40° С; $D_к$=24/40 А/дм².

22. Винная кислота — 45—55; кремнефтористая кислота — 90—100; меди кремнефторид — 30—40; сурьма виннокислая — 25—30. t=18—22° С; $D_к$=1,5—2 А/дм².

23. Кремнефтористая кислота — 10—15; меди кремнефторид — 250—300. t=20/40/60° С; $D_к$=10/28/24 А/дм².

24. Борная кислота — 15; борфтороводородная кислота — до нужного pH; медь борфтористая — 225. pH=0,8—1,7; t=27—77° С; $D_к$=7,5—12,4 А/дм².

25. Борная кислота — 30; борфтороводородная кислота — до нужного pH; медь борфтористая — 450. pH=0,6; t=27—77° С; $D_к$=12,5—35 А/дм².

26. Аммиак 25%-ный — 140—180 мл; аммоний сернокислый — 75—85; медь сер-

нокислая — 70—80; натрий сернокислый — 30—40; никеля сульфат — 10—20.

27. Аммиак 25%-ный — 140—180 мл; аммоний сернокислый — 70—85; медь сернокислая — 35—80; натрий сернокислый — 30—40; никеля сульфат—15—20. pH=9,2—10; t=20—25° С; $D_к$=0,7—2 А/дм².

28. Аммоний азотнокислый — 10—60; едкое кали — 50—60; маннит—50—90; медь сернокислая — 50—60. pH=11,0—12,5; t= =18—25° С; $D_к$=1—3 А/дм².

29. Аммоний азотнокислый — 30—50; аммиак 25%-ный — 180—200; аммоний сернокислый — 70—90; висмута нитрат—0,015—0,025; кобальта нитрат — 0,8—1,5; лития нитрат — 10—20; медь сернокислая — 80—100; натрия селенит — 0,015—0,025. pH= =9,4—9,6; t=20° С; $D_к$=1,5—10 А/дм².

30. Глицерин — 40—50 мл; кали едкое — 150—200; калий железосинеродистый — 10—15; медь сернокислая — 13—17; тринатрийфосфат — 80—100. t=18—25° С; $D_к$=0,5—2,0 А/дм².

31. Аммиак 25%-ный — 2—3 мл; аммоний сернокислый — 30—50; медь сернокислая — 55—65; натрий сернокислый — 75—100; натрий углекислый — 3—5; триэтаноламин—100—120. pH=8—8,5; t=15—25° С; $D_к$=0,3—0,5 А/дм².

32. Аммоний сернокислый — 45—60; медь сернокислая — 100—125; натрий сернокислый — 45—60; цинк сернокислый ($7H_2O$) — 15—25; этилендиамин — 55—60. pH=7,8—8,3; t=15—25° С; $D_к$=0,5—2,0 А/дм².

33. Аммиак 25%-ный — 150—200; аммония оксалат — 10—30; аммония хлорид — 260—300; медь хлорная — 35—50. pH=8,6—9,0; t=15—25° С; $D_к$=1,3—2,5 А/дм².

34. Аммоний сернокислый — 100—150; медь сернокислая — 50—150; полиэтиленполиамин — 60—180. pH=8,2—8,4; t=18—25° С; $D_к$=0,6—1,6 А/дм²; $\eta_к$=95—100%; Q=10—20 мкм/ч.

35. Двунатрийфосфат — 87; медь сернокислая — 355; натрия пирофосфат — 140; соль винной кислоты — 35.

36. Гидрофосфат натрия — 0,025—0,030; дигидрофосфат натрия — 0,025—0,030; закись меди — 0,32—0,33; тиосульфат натрия — 2,5—3,0; уксусная кислота—0,3—0,32.

Назначение составов (1)—(36):

1 — медные осадки улучшенной структуры. Электролит может быть приготовлен также из пирофосфорнокислой или ортофосфорнокислой меди, пирофосфорнокислого натрия или калия и ортофосфорнокислого двузамещенного натрия или калия.

2 — электролит меднения с улучшенной рассеивающей способностью. Электролит приготовляют растворением компонентов в отдельных объемах воды. Затем растворы формалина и солей аммония смешивают и к полученному раствору при перемешивании добавляют раствор сернокислой меди.

3 — электролит для полублестящего меднения.

4 — высокопроизводительный устойчивый электролит для меднения стальных деталей. Осадок — светлый, мелкокристаллический. Растворяют все отдельно, затем смешивают гексаметилентетрамин с растворами солей аммония и к ним добавляют раствор сернокислой меди.

5 — электролит — концентрат для борфтористого меднения.

6—8 — борфтористые электролиты меднения на основе концентрата (5). Состав (8) — для обычных осадков, (6) — для толстых осадков, отверстий печатных схем, (7) — для матриц грампластинок.

При $\eta_к$=100%	(6)	(7)	(8)
Вес осадка, г/дм²	0,226	1,127	2,260
Толщина, мкм	25	127	2,54
при $D_к$=20 А/дм²			
τ, мин	5,9	26,7	53,4
при $D_к$=50 А/дм²			
τ, мин	2,1	10,7	21,8

Сталь, цинк и серебро перед меднением покрыть медью из цианистых ванн.

Электролиты чувствительны к присутствию свинца (устраняют добавкой серной кислоты).

9 — плотные, мелкозернистые осадки меди.

10 — непосредственное меднение алюминия и его сплавов.

11 — мелкокристаллический осадок меди. Осадки эластичны. Хорошая адгезия к вакуум-напыленным слоям.

12 — для меднения стали.

13 — для блестящего меднения в широком диапазоне плотностей тока.

14 — полублестящее выравнивающее меднение.

15 — меднение стальных деталей сложного профиля. Дает мелкокристаллические компактные осадки меди.

16 — меднение стали. Электролит обладает повышенной стабильностью.

17 — мелкокристаллический осадок меди. Вначале нужен толчок тока 30—40 с 1—2 раза; $S_а:S_к$=2—3:1. Перемешивание. Компоненты растворяют отдельно.

18 — полублестящие осадки. Адгезия улучшается предварительной анодной обработкой в составе (г/л): H_3PO_4 (1,75) — 200; H_2SO_4 (1,84) — 50; CrO_3 — 10. При 18—25° С $D_а$=10 А/дм²; τ=5 мин.

19 — типовой фторборатный электролит. При перемешивании $D_к$ — до 80 А/дм².

20 — типовой фторборатный электролит.

21 — для сложнопрофилированных деталей. Повышенная $D_к$ — при перемешивании (до 30—35 А/дм²).

22 — для получения толстых слоев меди повышенной твердости с тонковолокнистой, беспористой структурой. Реверс тока $\tau_к$= =9 с; $\tau_а$=1 с до получения толщины 2 мм; H_μ =120—140 кгс/мм² (нагрузка 200 г). Для приготовления состава в кремнефтористоводородный электролит меднения вводится в виде раствора расчетное количество винной кислоты и трехфтористой либо калийфтористой сурьмы. Если используется калийфтористая сурьма, то необходимо отфильтровать оседающий кремнефтористоводородный калий.

23 — для меднения сложнопрофилированных деталей. $D_к$ с перемешиванием —

24/28/40 А/дм^2. Аноды — медь. $\eta_к$=100%. При 1 А/дм^2 — 13 мкм/ч; при 20 А/дм^2 — 265 мкм/ч.

24, 25 — типовое фторборатное меднение. $\eta_к$=99—100%.

26, 27 — широко применяемые аммиакатные электролиты. Завешивать детали под током. Толчок тока 30—40 с в 2—3 раза больше рабочей плотности.

28 — для мелкокристаллического меднения с хорошей адгезией к основе. Беспористы при толщине 10—15 мкм. $\eta_к$=95—98%. В дистиллированной воде (55—60° С) отдельно растворяют сернокислую медь и маннит. После охлаждения смешивают и медленно приливают охлажденный раствор едкого кали. Затем вводят раствор азотнокислого аммония. Доводят объем водой до расчетного и фильтруют.

29 — для получения блестящих, не требующих полировки осадков. После приготовления электролит выдерживают 4—5 сут, прорабатывают постоянным током из расчета 6—8 А·ч/л и фильтруют. Аноды — медь и никель с раздельным подводом тока; D на медном аноде — до 5 А/дм^2.

30 — для непосредственного светлого меднения стали. Электролит стабилен, адгезия хорошая. Осадок мелкокристаллический. В раствор едкого кали, тринатрийфосфата и глицерина вводят раствор сульфата меди, перемешивают до растворения осадка. Вводят железосинеродистый калий, тщательно перемешивают.

31 — стабильный электролит. Завешивать можно без тока. Отдельно растворяют сульфат меди (~60 г/л), разбавляют ТЭА в 3—4 раза водой, вводят сульфат аммония и вливают в них раствор сульфата меди. После растворения осадка вводят остальные компоненты. Проработка не требуется. Осадок светлый, мелкокристаллический.

32 — этилендиамин разбавляют водой в 3 раза (~ до 25%) и приливают к насыщенному раствору сульфата меди. Вводят отдельно растворенные сульфат натрия и сульфат аммония.

Для депассивирования анодов в электролит приливают 100—150 мл/л раствора (г/л): аммония сульфат — 60; натрия сульфат ($10H_2O$)—60; цинка сульфат ($7H_2O$)—145; этилендиамин — 60.

33 — готовится теми же приемами, что и все аммиакатные электролиты.

34 — мелкокристаллический осадок меди. Можно работать на токе переменной полярности — пористость ниже и структура мельче.

35 — электролит пирофосфатного меднения.

36 — для получения на стали мелкокристаллических осадков без фосфора. Выход по току η=100%. Содержание в моль/л.

2. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ НИКЕЛИРОВАНИЯ

Покрытия металлических поверхностей никелем также относятся к массовым видам покрытий и весьма широко используются для различных целей — от декоративной отделки до повышения устойчивости поверхности против коррозии. Составы для никелирования разделяют по характеру компонентов — сульфатные, хлоридные, сульфаматные и т. п. и по характеру получаемых осадков — электролиты для матового или полуматового никелирования, блестящего никелирования и т. п.

2.1. ПРОСТЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ (г/л)

1. Борная кислота — 30; никель хлористый — 300; «Прогресс» — 0,5 мл. pH=3—5; t=20—70° С; $D_к$=5—20 А/дм^2.

2. Борная кислота — 25; никель хлористый — 250. pH=2; t=60° С; $D_к$=2—10 А/дм^2.

3. Натрия фторид — 1—2; никель хлористый — 200—275; соляная кислота — 100—140. t=18—25° С; D=20—30 А/дм^2.

4. Борная кислота — 30; никель сернокислый — 180; никель хлористый — 120—150. pH=5; t=20—70° С; $D_к$=5—25 А/дм^2.

5. Борная кислота — 31; никель сернокислый — 218; никель хлористый—47. pH=5,2—5,8; t=50—70° С; $D_к$=1,5—5 А/дм^2.

6. Натрия лаурилсульфат — 0,05—0,1; никель сернокислый — 240—245; никель хлористый — 28—32; янтарная кислота — 28—32. pH=2—2,2; t=45—60° С; $D_к$=2—35 А/дм^2.

7. Борная кислота — 30; никель сернокислый — 210; никель хлористый — 60. pH=5,5/1,5; t=20—75° С; $D_к$=0,5—2/20 А/дм^2.

8. Аммония хлорид — 20; борная кислота — 20; натрий хлористый—50—60; никель сернокислый—80. pH=5,8—6; t=18—20° С; $D_к$=0,5—0,8 А/дм^2.

9. Аммония персульфат — 30; натрия ацетат — 15—20; натрий хлористый — 15—20; никель сернокислый — 80—120. pH=4—5,5; t=20° С; $D_к$=3—4 А/дм^2.

10. Борная кислота — 25; калия персульфат — 2; натрия фторид — 2; никель сернокислый — 200. pH=4,5—5,4; t=50° С; $D_к$=1—2 А/дм^2.

11. Аммония хлорид — 20; борная кислота — 25; никель сернокислый — 150. pH=5,6—5,9; t=50—60° С; $D_к$=2,5—5 А/дм^2.

12. Борная кислота — 19; натрий хлористый — 19; никель сернокислый — 100; никель-аммония сульфат — 25. pH=5,6—5,9; t=16° С; $D_к$=0,5—1 А/дм^2.

13. Борная кислота — 20; калия хлорид — 20; натрий сернокислый — 120; никель сернокислый — 170. pH=5,3; t=30—40° С; $D_к$=1,5—2,5 А/дм^2.

14. Аммония хлорид — 15; борная кислота — 15; натрий сернокислый — 160; никель сернокислый — 70. pH=5,5/1,5; t=20/75° С; $D_к$=0,5—2/20 А/дм^2.

15. Гликоль — 20; никель сернокислый — 245; никель хлористый — 30. pH=2,2—2,3; t=40° С; $D_к$=5—20 А/дм^2.

16. Борная кислота — 20; натрий сернокислый — 80—160; натрий хлористый — 20; никель сернокислый — 175—200. pH=5,5; t=18—24/40° С; $D_к$=0,1—1/2,5 А/дм^2.

17. Борная кислота — 25—30; магния сульфат — 20—30; натрий сернокислый — 40—60; натрий хлористый — 5—7; никель сернокислый — 140—200. pH=5,2—5,8; t=18—25/40° С; $D_к$=0,5—1/2,5 А/дм².

18. Борная кислота — 30—40; натрия фторид — 2—3; никель сернокислый — 375—425; никель хлористый — 60—70. pH=3,5—4,5; t=55—60° С; $D_к$=4—12 А/дм².

19. Борная кислота — 30; никель сернокислый — 150; никель хлористый — 25. t=30° С; $D_к$=4 А/дм²; pH=5,9.

20. Борная кислота — 30—37,5; никеля сульфат — 300; никель хлористый — 45; ПАВ — до 35—45 дин/см; перекись водорода — 5—10 мг/л. pH=2—2,5; t=32—70° С; $D_к$=1—6,5 А/дм².

21. Борная кислота — 30—37,5; никеля сульфат — 240; никель хлористый — 90; ПАВ — до 35—45 дин/см; перекись водорода — 5—10 мг/л. pH=2—2,5; t=38—70° С; $D_к$=1,1—6,5 А/дм².

22. Борная кислота — 30; никель хлористый — 240; ПАВ — до 35—45 дин/см; перекись водорода — 5—10 мг/л. pH=0,9—1,1; t=38—65° С; $D_к$=5,5—11 А/дм².

23. Аммония хлорид — 15—25; борная кислота — 15; никеля сульфат — 70. pH=5,3/4,5/1,5; t=30/55/75° С; $D_к$=2/10/20 А/дм².

24. Аммония хлорид — 30—40; натрия бисульфит — 3—8; натрия цитрат — 60—80; никеля нитрат — 15—25; никеля сульфат — 80—120. pH=10,8—12; t=45—50° С; $D_к$=2—4 А/дм².

2.2. ЭЛЕКТРОЛИТЫ БЛЕСТЯЩЕГО НИКЕЛИРОВАНИЯ (г/л)

1. Борная кислота — 30—40; кумарин — 4 мл/л; никель сернокислый — 250—300; никель хлористый — 60—80; паратолуолсульфамид — 2; «Прогресс» — 0,05—0,1. pH=4,5—5; t=55—60° С; $D_к$=4—6 А/дм².

2. Борная кислота — 30; натрий фтористый — 5; натрий хлористый — 15; НДСК — 6; никель сернокислый — 300; «Прогресс» — 0,05; формалин 40%-ный — 2. pH=4—6; t=50° С; $D_к$=5 А/дм².

3. Борная кислота — 30; натрий хлористый — 15; НДСК — 3—5; никель сернокислый—250. pH=4,5—5,5; t=20—40° С; $D_к$=1—4 А/дм².

4. Борная кислота — 30; кумарин — 1; никель сернокислый — 250—300; никель хлористый—40—50; паратолуолсульфамид—2; «Прогресс» — 0,5 мл/л. pH=4,5—6,3; t=50° С; $D_к$=4—6 А/дм².

5. Борная кислота — 30—35; 1,4-бутиндиол — 0,2—0,5; никель сернокислый — 260—300; никель хлористый — 40—60; сахарин — 0,7—1,2; фталимид — 0,08—0,1. pH=3,5—4,5; t=50—60° С; $D_к$=2—15 А/дм².

6. Борная кислота — 40; 1,4-бутиндиол—0,05; никель сернокислый — 300; никель хлористый — 60; «Прогресс» — 0,01; сахарин — 1. pH=4—4,8; t=55—60° С; $D_к$=3—8 А/дм².

7. Борная кислота — 30—40; кумарин — 1—1,5; натрий хлористый — 10—15; никель сернокислый — 250—300; пиридин — 0,01; хлорамин Б — 2—2,5. pH=4—5,5; t=38—55° С; $D_к$=2—7 А/дм².

8. Натрий хлористый — 5; натрия сульфат — 80; НДСК — 5; никель сернокислый — 180. pH=3,5—4; t=18—25° С; $D_к$=0,5—1 А/дм².

9. Борная кислота — 25—30; магния сульфат — 50; натрия сульфат — 50; натрий хлористый — 5; никель сернокислый — 120—180. pH=4—5,5; t=18—55° С; $D_к$=0,25—0,5 А/дм².

10. Борная кислота — 30—35; 1,4-бутиндиол — 0,2—0,3; натрия гипофосфит — 40—70; никель сернокислый — 260—300; никель хлористый — 40—60; сахарин — 0,7—1,2; фталимид — 0,08—0,1. pH=4—5; t=20—60° С; $D_к$=1—10 А/дм².

11. Борная кислота — 25—30; натрий хлористый — 15—25; НДСК — 2—4; никель сернокислый — 250—300; «Прогресс» — 0,5. pH=3,9—5,8; t=25—45° С; $D_к$=0,5—3 А/дм².

12. Борная кислота — 30—40; натрий фтористый — 3—5; натрий хлористый—10—15; никель сернокислый — 250—300. pH=4,5—5,5; t=50—55° С; $D_к$=5 А/дм²; U=5—6 В.

13. Борная кислота — 30—40; бутиндиол 35%-ный — 1,5 мл/л; натрий хлористый — 10—15; никель сернокислый — 250—300; «Прогресс» — 0,003—0,005 мл/л; формалин 40%-ный — 0,1—0,3 мл/л; хлорамин Б (или монохлорамин МБ) — 2—2,5.

14. Борная кислота — 30; натрия фторид — 5; натрий хлористый — 10; НДСК — 3; никель сернокислый — 300. $D_к$=2 А/дм².

15. Борная кислота — 30; кумарин — 0,5; никель сернокислый — 300; никель хлористый—30. pH=4; t=50° С; $D_к$=5 А/дм².

16. Борная кислота — 45; 1,4-бутиндиол — 0,2—0,3; никель сернокислый — 300; никель хлористый — 60; толуолсульфамид—2. pH=4; t=50—55° С; $D_к$ = 5 А/дм².

17. Борная кислота — 35; натрий хлористый — 10—15; никель сернокислый — 240; добавки — см. примечание.

18. Натрия хлорид — 10; никеля сульфат — 140; никеля оксалат—300. pH=7,5—8,5; t=78—82° С; $D_к$=10 А/дм².

Назначение электролитов (1)—(18):

1—11 — блестящее никелирование.

12 — блестящее никелирование с выравниванием профиля шероховатостей. Выравнивающие добавки: блескообразователь «С» — 0,01 г/л; бутиндиол 35%-ный С — 1,5 мл/л; фталимид — 0,08—0,14 г/л.

Перед работой химически очищают электролит 30%-ной перекисью водорода — 2—3 мл/л, через 30 мин добавляют уголь БАУ — 1 г/л, перемешивают 2 ч, отстаивают 12 ч, фильтруют в ванне электрохимической очистки при 0,1—0,2 А/дм², 0,8—1 В.

13 — электролит ускорённого блестящего никелирования. Электролит без добавок обрабатывают 3%-ной перекисью водорода — 10 мл/л при кипении. После охлаждения до 70° С вводят формалин при 50—55° — хлорамин, затем бутиидиол. Охлаждают, фильтруют. Корректировка — 1 раз

в неделю 0,5 г/л хлорамина Б; 1 раз в сутки бутиндиол — 0,13 мл/л и формалин — 0,02 мл/л.

14—16 — блестящее никелирование.

17 — двухслойное блестящее никелирование. Первый слой — полублестящий; второй — блестящий. Добавки в электролит полублестящего слоя (г/л): уротропин — 0,02—0,07; хлоралгидрат — 0,3—0,8; кумарин — 0,1—0,2; 1,4-бутиндиол — 0,05—0,15. Добавки в электролит блестящего слоя (г/л): тиомочевина — 0,2—0,3; паратолуолсульфамид или хлорамин Б — 1—2; 1,4-бутиндиол — 0,2—0,3; хлорамин Б — 1—2; «Прогресс» — 0,2—0,5 мл/л.

18 — блестящее износостойкое никелевое покрытие повышенной твердости. Электролит не требует перемешивания и фильтрации.

2.3. БОРФТОРИСТЫЕ И СУЛЬФАМАТНЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ

	% вес.	г/л
1. Борфторид никеля	44	695
(На никель	11,12	176)
Свободная H_3BO_3	3	47
Плотность, г/см³	1,58	1,58

	2	3	4
Борфторид никеля	220	300	440
(На никель	53	75	110)
Свободная HBF_4	4—38	4—38	4—38
Свободная H_3BO_3	30	30	30
pH	2—3,5	2—3,5	2—3,5
t, °С	32—43	32—43	32—43
$D_к$, А/дм²	4—9	4—9	4—9
U, В	4—8	4—8	4—9
η, %	98—101	96—101	96—101

5. Борная кислота — 10; никель борфтористый — 80—100 (на Ni); никель хлористый — 15. pH=3; t=50° С; $D_к$ — до 20 А/дм².

6. Борная кислота — 10—15; никель борфтористый — 160—200; никель хлористый — 15—20. pH=3—3,8; t=50—60° С; $D_к$ — до 10 А/дм².

7. Борная кислота — 30; никель борфтористый — 220; ПАВ — до 35—45 дин/см; перекись водорода—5—10 мг/л. t=32—70° С; $D_к$=5,5—11 А/дм².

8. Борная кислота — 30; никеля сульфамат — 280—300; натрия хлорид — 15; паратолуолсульфамид—2; «Прогресс»—3 мл/л. pH=4,5; t=40° С; $D_к$ — до 5 А/дм².

9. Борная кислота — 24; никеля сульфамат — 435; «Прогресс» — 1,45 мл/л. pH==3—5; t=38/60° С; $D_к$=15/30 А/дм².

10. Борная кислота — 25—30; никеля сульфамат — 250—350; никель хлористый — 250—300; НДСК — 2—3. pH=3,5; t=25—30° С; $D_к$=5—15 А/дм².

11. Антипиттинговая добавка — 0,4; борная кислота — 30; никеля сульфамат — 450. pH=3—5; t=38—60° С; $D_к$=5,4—32 А/дм².

12. Борная кислота — 30; никеля сульфамат — 300; никель хлористый — 30. pH==3,5—4,2; t=24—70° С; $D_к$=2,2—15 А/дм².

13. Борная кислота — 30; никеля сульфамат — 300; никель хлористый — 30. pH==3,5—4,5; t = 25—50° С; $D_к$=2—15 А/дм².

Назначение составов: (1)—(13):

1—4 — электролит — концентрат (1) для борфтористого никелирования и разбавленные рабочие составы (2) — (4) на его основе. Для износостойких покрытий и стереотипов — состав (2), нормальных — (3), толстых осадков — (4). Аноды — вальцованные, деполяризованные; питтинг устраняют добавкой H_2O_2, натрийлаурилатал когольсульфата или натрий-n-октисульфата. Избыток H_3BO_3 стабилизирует состав и предотвращает выпадение фторидов. Добавки $NiCl_2$ увеличивают выход по току. Cu и Fe в электролите вредны. Свойства осадка: HV=130 кгс/мм²; δ=32%; $\sigma_в$ = =39 кгс/мм².

5, 6 — выход по току $\eta_к$ и $\eta_а \simeq$ 100%.

7 — снижение питтингообразования.

8, 9 — дают малонапряженные никелевые покрытия. Питтинг снижен. $\eta_к$ и $\eta_а \simeq$ $\simeq$100% по току.

10—13 — сульфаматные электролиты интенсифицированного осаждения никелевых покрытий. Электролит (13) — Q=25—180 мкм/ч. Перемешивание воздухом.

Непосредственное электрохимическое никелирование алюминия и его сплавов (АМг, АМц, Д16, В95 и др.) (г/л).

1. Никель сернокислый — 150—250; борная кислота — 23—30; хлористый натрий — 1—2; фтористый натрий — 2—3; калий надсернокислый — 1—2. t=45—55° С; $D_к$=1—2 А/дм²; pH=4—5. Завеска без тока. Q= = 1 мкм за 4 мин.

2. Никель сернокислый — 100; хлористый натрий — 15; надсернокислый аммоний—30; уксуснокислый натрий — 20. pH=4—5,5; t=18—20° С; $D_к$=3 А/дм²; Q=0,5 мкм/мин.

Предварительно — щелочное травление и кислотное осветление.

3. Электролит блестящего никелирования массовых изделий. Никель сернокислый — 200—250; натрий фторид — 5—6; натрий хлорид — 5—4; борная кислота — 25—30; НДСК — 1—4; формалин 40%-ный — 1—0,8; «Прогресс» — 2—3 капли. pH=5,8—6. t=38—42° С; $D_к$=2—5 А/дм².

2.4. ОСАЖДЕНИЕ СПЛАВОВ НИКЕЛЯ (г/л)

1. Аммония фторид — 35—38; натрия фторид — 28—30; никель хлористый — 250—300; олово двухлористое — 40—50. pH=4,0—5; t=45—55° С; $D_к$ = 0,5—4,0 А/дм². $D_а$=0,5—1 А/дм².

2. Аммония фторид — 60; никель хлористый — 250—300; олово двухлористое — 45—50; парафенолсульфокислота—0,5 мол/л. pH=4,5; t=50° С; $D_к$ = 0,5—4 А/дм².

3. Аммония хлорид — 7—10; калия пирофосфат — 285—315; меди сульфат — 20—22; никель хлористый — 40—45. pH=9—9,2; t=55—60° С; $D_к$=0,5—1 А/дм².

4. Аммоний сернокислый — 60—75; марганец сернокислый — 40—80; никель сернокислый — 60—80; никель хлористый — 8—10. pH=3,5—5,0; t=25—30° С; $D_к$ = 5—6 А/дм².

5. Аммоний сернокислый — 75—200; марганец сериокислый — 75—200; никель сер-

нокислый — 1—20; селенистая кислота — 0,1—1,0. pH=6,5—7; t=18—25° С; $D_к$ = =2—5/15—20 А/дм².

6. Аммоний сернокислый — 125; марганец сернокислый — 100; никель сернокислый — 1—20; селенистая кислота — 0,1.

7. Кадмия сульфат — 30—40; никель сернокислый — 70—85; полиэтиленполиамин — 130—150; pH=10,5—11,5; t = 20—25° С; $D_к$=3—20 А/дм².

8. Аммиак — 250 мл/л; аммоний сернокислый — 35—40; натрия сульфат — 70—80; никель сернокислый — 25—75; цинка сульфат — 125—75. t=15—20° С; $D_к$= =1—2 А/дм².

9. Аминокислота — 75—300; никель сернокислый — 15—140; хрома сульфат — 85—340. pH=1,8—3,0; t=16—30° С; $D_к$ = 10—50 А/дм².

10. Аммоний хлористый — 20—30; молибдат аммония или молибдат натрия — 0,08—8 или 0,1—10; никель сернокислый — 40—45; пирофосфат натрия (калия) — 160—180.

11. Декстрин — 10—15; калия пирофосфат — 100—150; молибдат аммония (на металл) — 6,6—12; натрий фосфорнокислый двузамещенный — 50—60; цинк сернокислый — 8—13,4. t=18—20° С; $D_к$=4—5 А/дм².

12. Борная кислота — 5—50; ванадий сернокислый — 10—80; гидразин сернокислый — 20—100; никель сернокислый — 60—280. pH=1—3; t=20—50° С; $D_к$=1—15 А/дм².

13. Борная кислота — 25—30; железо сернокислое — 5—7; лимонная кислота — до 3; никель сернокислый — 300—360; сахарин—0,2—0,8. pH=2,7—3,0; t = 50—65° С; D=100—200 А/дм².

14. Аммиак 25%-ный — 140—160 мл/л; винная кислота — 7—20; виннокислый натрий — 10—30; калия перренат — 1—2; никель сернокислый — 40—50. Осадок повышенной коррозионной стойкости.

15. Сульфат никеля — 10; натрий вольфрамовокислый — 30; аммоний сернокислый — 245; борная кислота — 50; перекись водорода 30%-ная — 30 мл/л; серная кислота — до pH=1,75.

16. Сульфамат хрома — 34; сульфамат никеля — 11,8—17,7; сульфамат железа — 5,6—8,40; гликоколь — 20.

При $D_к$=5—15 А/дм², t=20—40° С, pH=1,5—1,8 получают осадки толщиной до 25 мк, состава (% вес.): Cr — 10—50; Ni — 2—14; Fe — 48—76. При $D_к$=7,5—10 А/дм², t=30—35° С сплав: Cr — 18—20; Ni — 8—9.

17. Никель углекислый — 70—75; железо металлическое (восстановленное), порошок — 4—4,5; аммоний лимоннокислый — 130—135; лимонная кислота—110—120; тиосульфат натрия — 0,75—1; аммиак 25%-ный до pH=8,5—9. t=18—20° С; $D_к$= =60—80 мА/см². Магнитное поле — напряженностью 50—200 Э; τ=1—2 мин; Q= =7000—8000 А/мин; анод — никель; катод — медная фольга.

18. Борфтористоводородный никель — 180—230; борфтористоводородное железо — 10—30; борфтористоводородная кислота — 50—70; борная кислота — 2—8; сахарин—0,4—2,0. pH=1,6—3,9; t=15—28° С; $D_к$=0,5—5,0 А/дм².

19. Никель сернокислый — 0,15—0,25; калий пирофосфорнокислый — 0,6—1,5; аммоний лимоннокислый трехзамещенный — 0,1—0,2; пропаргиловый спирт — 0,3—0,6 мл/л; 2-бутин-1,4-диол 32%-ный — 0,06—0,13 или 1-фенил-2-бутин-4-диол — 0,1—0,3. pH=9,0—10,0; t=20—60° С; $D_к$ = =2—15 А/дм².

Назначение электролитов (1) — (19):

1 — покрытие сплавом 65% Sn, 35% Ni. Аноды — олово : никель=1 : 20.

2 — сплав олово — никель.

3 — сплав никель — медь.

4—6 — сплавы никель — марганец.

7 — сплав никель — кадмий.

8 — сплав никель — цинк.

9 — сплав никель — хром.

10 — сплав никель — молибден, покрытия блестящие с 0,5—0,35 Mo. Повышенная стабильность и рассеивающая способность.

11 — сплав никель — молибден.

12 — сплав никель — ванадий.

13 — сплав никель — железо типа пермаллой. Перемешивание обязательно.

14 — сплав никель — рений. Покрытие повышенной коррозионной стойкости.

15 — сплав никель — вольфрам.

16 — сплав никель — железо — хром.

17 — сплав никель — железо. Магнитное покрытие со сниженными внутренними напряжениями. Содержание Fe — 20—22%. Осадки гладкие, блестящие.

18 — магнитный сплав никель — железо. Раствор борфтористоводородного железа готовят путем осторожного добавления к 35%-ному раствору плавиковой кислоты при перемешивании борной кислоты, в результате чего получают борфтористоводородную кислоту. Затем в приготовленный отдельно раствор углекислого натрия вливают при перемешивании раствор сернокислого железа и полученную смесь переносят в сосуд с борфтористоводородной кислотой. Для приготовления раствора борфтористоводородного никеля в 35%-ный раствор плавиковой кислоты всыпают небольшими порциями при перемешивании борную кислоту и в полученный раствор борфтористоводородной кислоты при перемешивании добавляют углекислый никель. Для приготовления электролита в раствор борфтористоводородного железа вливают раствор борфтористоводородного никеля и добавляют сахарин, растворенный в небольшом количестве теплой (30—60° С) дистиллированной воды. Состав для 1 л электролита (г/л); борфтористоводородный никель — 195; борфтористоводородное железо — 10; борфтористоводородная кислота — 60; борная кислота — 5; сахарин — 1. Исходные компоненты (г/л): железо сернокислое закисное — 13; никель углекислый — 100; кислота плавиковая 35%-ная — 408; кислота борная — 115,5; натрий углекислый безводный — 9,14; сахарин — 1.

19 — сплав никель — железо. Эластичные осадки с постоянным содержанием железа в сплаве в интервале $D_к$=2—

15 А/дм². Полученные осадки содержат 22% железа, имеют блеск 60% (по отношению к серебряному зеркалу) и микротвердость 270 кгс/мм². Первая корректировка блескообразующих добавок проводится после пропускания 20 А·ч/л.

2.5. ПОКРЫТИЕ „ЧЕРНЫМ НИКЕЛЕМ"

(г/л)

1. Аммоний роданистый — 15; натрий сернокислый — 25; никель сернокислый — 50; цинк сернокислый — 25. pH=5,8—6,0; t=20—30° С; $D_к$=0,1—0,2 А/дм²; U=0,8—1,0 В. Аноды: 25% цинковых, 75% никелевых. Оптимальная загрузка — 1 дм² на 5 л электролита.

2. Аммоний роданистый — 15; борная кислота — 25; никель сернокислый — 75; никель-аммоний сернокислый — 45; цинк сернокислый — 40. pH=4,5—5,5; t=45—55° С; $D_к$=0,02—0,2 А/дм² в начале процесса, затем в течение 10—12 мин повышают $D_к$ до 0,2 А/дм². Через 10 мин $D_к$ резко повышают до 1,0—1,3 А/дм² и через 3—5 мин заканчивают процесс.

3. Аммоний сернокислый — 15; калий роданистый — 32; никель сернокислый — 50; цинк сернокислый — 25; pH=4,5—5,5; t=18—25° С. $D_к$=0,1—0,15 А/дм². Аноды — никелевые, на качающихся штангах. После покрытия — пассивирование в 5%-ном горячем растворе бихромата калия.

4. Натрий роданистый — 15; никель-аммоний сернокислый — 60; цинк сернокислый — 7,5. pH=5,5—6,0; t = 25° С; $D_к$=0,2 А/дм²; U=1—2 В; $S_а:S_к$=1 : 1.

5. Натрий роданистый — 15; никель сернокислый — 30; никель-аммоний сернокислый — 60; цинк сернокислый — 20. t=30—35° С; $D_к$=0,2—0,4 А/дм².

6. Аммоний сернокислый — 37,5; натрий роданистый — 15; никель сернокислый — 75; цинк сернокислый — 30. pH=5,0—6,2; t=20° С; $D_к$=0,08—0,23 А/дм²; $S_а:S_к$=1 : 1. Аноды — графит и никель.

3. ОСАЖДЕНИЕ КОБАЛЬТА И ЕГО СПЛАВОВ

(г/л)

1. Борная кислота — 45; кобальт сернокислый — 300; натрий хлористый — 15. t=60—75° С; $D_к$=2—20 А/дм².

2. Борная кислота — 37,5; кобальт сернокислый — 400; натрий хлористый — 18,5. t=18—25° С; $D_к$=1—17 А/дм².

3. Борная кислота — 45; кобальт сернокислый — 500; натрий хлористый—15. $D_к$=3—17 А/дм².

4. Кобальт-аммония сульфат — 187. t=20° С; $D_к$—до 4 А/дм².

5. Борная кислота — 40; кобальт хлористый — 280—300. t=25—70° С; $D_к$=1,5/8 А/дм².

6. Аммоний хлористый — 100—150; кобальт хлористый — 35—40; уротропин—45—55. t=18—25° С; $D_к$=0,5—4,5 А/дм².

7. Аммиак — до pH=9—9,5; аммония молибдат — 0,004—0,01; аммоний хлористый — 40—50; гипофосфит натрия — 15—20; кобальт хлористый — 25—30; натрия цитрат — 80—100. t=90° С. Без тока.

8. Кобальта гидроокись — 10; едкий натр — 140; трилон Б — 64. t=70—90° С; $D_к$=1,25—2,5 А/дм².

9. Аммоний сернокислый — 3—4; муравьиная кислота — 64—66; кобальт сернокислый — 280—320; муравьинокислый натрий — 39—42; натрия сульфат — 70—75. t=98—100° С; $D_к$=100—250 А/дм².

10. Борная кислота — 40—45; кобальт сернокислый — 350—500; натрий хлористый—15—20. t=40±5° С; $D_к$=4—6 А/дм².

11. Кобальт сернокислый — 100—200; магний сернокислый — 20—25; натрий хлористый — 5—7; спирт этиловый — 20—30. t=18—22° С; $D_к$=0,5—1,5 А/дм².

12. Борная кислота — 25—35; вольфрамат натрия — 5—30; кобальт сернокислый—30—150; магний сернокислый — 50—100; марганец сернокислый — 50—150. t=20—40° С; $D_к$=0,2—1,5 А/дм²; pH=3—5,5.

13. Кобальт хлористый — 35—40; гексаметилентетрамин — 45—55; аммоний хлористый — 100—150. t=18—25° С; $D_к$=0,5—4,5 А/дм²; pH=6—7; Q=10—40 мкм/ч.

14. Кобальт сернокислый — 100—150; платинохлористоводородная кислота—0,1—2,0; магний сернокислый — 50—100; борная кислота — 25—35. pH=2,5; t=18—40° С; $D_к$=0,2—2 А/дм². Перемешивание.

15. Борная кислота — 20—30; кобальт сернокислый — 100—150; магний сернокислый — 50—100; натрия молибдат — 1—2. t=30—40° С; $D_к$=5—15 А/дм²; pH=4,5—5,5.

16. Аммоний хлористый — 15—20; железо хлористое — 90—120; кобальт хлористый — 40—60; натрий лимоннокислый — 15—60; цинк хлористый — 5—50. t=20—80° С; $D_к$=5—20 А/дм²; pH=1,1—1,8.

17. Кобальт хлористый — 120; никель хлористый — 120; аммоний хлористый — 100; мононатрийфосфат — 9. t=45° С.

18. Борная кислота — 30—35; кобальта сульфамат (на кобальт) — 9.5—10,5; марганца сульфамат (на марганец) — 18—20; натрия лаурилсульфат — 0,5—1,0; никеля сульфамат (на никель) — 79—81; сахарин—0,5—1,0. t=62—64° С; $D_к$=4—5 А/дм²; pH=3,2—3,5. Перемешивание обязательно.

	19	20
Декстрин	0,5	0,5
Кадмий сернокислый	1,28—20,52	10,26
Кобальт сернокислый	7,03—112,45	28,11
Натрий уксуснокислый	20	20
Никель сернокислый	26,29—157,71	57,57
pH	2—5	5
t, °С	30—60	50
U, В	2—27,5	3,5—15,0
$D_к$, А/дм²	0,25—100	1—30
$\eta_к$, %	46—100	92—100
Осадок (%): Cd	4—78	21—50
Ni	8—74	22—51
Co	12—72	28—32
1 мин — 25 мкм при $D_к$, А/дм²		75

Назначение составов (1)—(20):

1—10 — электролиты для получения осадков кобальта.

11 — зеркально-блестящий осадок кобальта. Основа — стеклянная заготовка, предварительно покрытая слоями серебра и меди. Высокая магнитная проницаемость и отражающая способность.

12 — магнитнотвердые покрытия — сплавом кобальт—вольфрам—марганец.

13 — стабильный электролит для осаждения кобальта. Растворяют все отдельно. Смешивают последовательно, кобальт хлористый вводят последним. Аноды — литой или катаный кобальт либо графит.

14 — электролит для осаждения сплавов кобальт—платина. Покрытия содержат от 2 до 25% Pt.

15 — блестящие магнитные покрытия сплавом кобальт—молибден.

16 — скоростное осаждение сплава железо—кобальт—цинк.

17 — покрытие сплавом кобальт—никель—фосфор. Анод — сплав никель—кобальт.

18 — покрытие сплавом никель—кобальт—марганец.

19, 20 — покрытие сплавом кадмий—никель—кобальт.

4. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНЕНИЯ (ОСТАЛИВАНИЯ) И ПОКРЫТИЯ СПЛАВАМИ ЖЕЛЕЗА

Ниже приводятся некоторые составы электролитов для гальванического нанесения покрытий железом, сталью, сплавами с высоким содержанием железа. Подобные покрытия получили широкое распространение в машиностроении, на транспорте и в ряде других областей народного хозяйства при необходимости придания повышенной износостойкости деталям машин, при ремонте и восстановлении изношенных деталей и для многих других целей.

Электролиты железнения и осталивания (г/л):

	1	2	3
Железо сернокислое ($7H_2O$)	180—240	180—240	325
Магний сернокислый ($7H_2O$)	40	125—200	280
Натрий двууглекислый	25—30	—	—
t, °С	18—20	20—25	90—100
$D_к$, А/дм²	0,1—0,15	0,1—0,15	10—20
$\eta_к$, %	95—98	95—98	90—100
Q, мкм/ч	1—1,5	1—1,5	—

	4	5
Алюминий сернокислый ($18H_2O$)	100	—
Железо сернокислое ($7H_2O$)	420	420
Калий сернокислый	—	150

t=20—70° С; $D_к$=3—12 А/дм²; $\eta_к$=80—90%.

6. Железо сернокислое — 240—260; натрий хлористый — 45—55. t=98—100° С; $D_к$=4—5 А/дм².

7. Железо-аммония сульфат — 350; серная кислота — 0,25. t=20° С; $D_к$=2 А/дм².

8. Аммоний хлористый — 22,5; железо сернокислое — 250; железо хлористое — 30. pH=4,5—6; t=38° С; $D_к$=5—10 А/дм².

9. Аммония оксалат — 6—10; аммония сульфат — 120; железо сернокислое ($7H_2O$) — 150; железо хлористое ($4H_2O$) — 75. t=20° С; $D_к$=1 А/дм²; $\eta_к$=99%.

	10	11	12
Железо хлористое	180—200	350—500	700—800
Натрий хлористый	80—100	80—100	—
t, °С	70—80	90—100	75—80
$D_к$, А/дм²	8—10	5—20	10—20
$\eta_к$, %	75—100	90—95	75—80

	13	14
Железо хлористое	200—220	450—500
Марганец хлористый	8—10	8—10
Натрий хлористый	80—100	80—100

t=60—80° С: $D_к$=10—50 А/дм²; $\eta_к$=75—80%.

15. Железо хлористое — 200—250; калий хлористый — 150—270; муравьиная кислота — 5—20; натрия фторид — 4,5—5. t=50—80° С; $D_к$=10—60 А/дм².

16. Железо хлористое — 680—700; соляная кислота — 0,1—1.

17. Железо хлористое — 450—500; марганец хлористый — 10; натрий хлористый — 100; соляная кислота — 0,5—0,8.

18. Железо хлористое — 200—300; марганец хлористый — 20—30; соляная кислота — 0,7—1.

19. Железо хлористое — 200—500; соляная кислота — 1—4.

20. Железо хлористое — 375; кальций хлористый — 185. pH=2; t=90—110° С; $D_к$=30 А/дм².

21. Вода — 750; железо хлористое ($4H_2O$) — 450; кальций хлористый ($2H_2O$) — 500; соляная кислота (своб.) — до pH=1,8; t=90—110° С; $D_к$ — до 20 А/дм².

22. Железо хлористое — 300; кальций хлористый — 340. pH=1—1,5; t=90° С; $D_к$=6 А/дм²; $\eta_к$=95—100%.

23. Железо хлористое — 200; соляная кислота — 0,6—0,8.

24. Железо хлористое — 30; кальций хлористый — 100. t=18—20° С; $D_к$=0,5—0,7 А/дм².

25. Гидразин — 20—30; железо хлористое — 200—600; соляная кислота — 1,5—2,0. t=40—60° С; $D_к$=30—40 А/дм².

26. Глицерин — 60—70; железо хлористое — 350—400; натрий хлористый — 70—80; сахар — 30—40; соляная кислота — 1—1,5. t=90—95° С; $D_к$=10—15 А/дм².

27. Железо сернокислое ($7H_2O$) — 250—400; фторборат железа — 40—80; аммоний хлористый — 20—60. pH=3—4; t=43—70° С; $D_к$=4 А/дм².

28. Железо хлористое — 600; калий хлористый — 100; марганец хлористый — 15; аскорбиновая кислота — 0,5; аморфный бор (с размером частиц 1—3 мкм) — 12—30. pH=2—3; t=20° С; $D_к$=20 А/дм².

	% вес.	г/л
29. Фторборат железа	41	590
Железо (на металл)	10	144
Свободная HBF_4	0,7	10
Свободная H_3BO_3	3	43
Плотность, г/см³	1,44	1,44

30. Фторборат железа — 226; железо (на металл) — 55; натрий хлористый — 10. Плотность — 19—21 г/см³; pH=3—3,7; t= =57—63° С; $D_к$=2—9 А/дм²; U (на ванне) = 2—6 В; $\eta_к$=93—97%.

31. Борная кислота — 22,5; фторборат железа — 225; натрия хлорид — 10. pH= =3—3,7; t=55—85° С; $D_к$=2—9 А/дм²; $\eta_к$=95—100%; $S_а:S_к$=1:1; перемешивание, фильтрация.

32. Фторборат железа — 0,1 моль/л; кислота борная — 0,4 моль/л. t=18—20° С; $D_к$=2,5 А/дм².

Назначение составов (1)—(32):

1—5 — сернокислотые (сульфатные) электролиты железнения и осталивания (3 — обязательно перемешивание и фильтрация; 4—5 — дают осадки повышенной твердости).

6—9 — хлоридно-сульфатные электролиты (6 — для железнения пластинок твердых сплавов. Слой наносится из расчета 20—30 мкм на каждый миллиметр пластинки в местах напайки. Очищенные дробеструйно пластинки завешивают анодами на 5—10 с при $D_к$=10 А/дм², затем меняют полярность и ведут наращивание; 7 — для получения твердых осадков железа; 8, 9 — смешанные электролиты железнения).

10 — хлористые электролиты для железнения и осталивания.

11, 12 — для получения толстых (до 1 мм) осадков железа средней твердости.

13—14 — для получения толстых осадков высокой твердости (13 — очень твердые покрытия толщиной до 1,5 мм; 14 — твердые покрытия до 2—3 мм).

15 — покрытие высокой твердости. $S_а:S_к$=1:1. При завешивании $D_к$= =5 А/дм², затем в течение 15—30 мин повышают до заданной.

16 — при высокой температуре — плотные, гладкие, пластичные осадки до 2 мм; HB=120—150 кгс/мм².

17, 18 — твердые покрытия до 1,5 мм; HB — до 600 кгс/мм². Подготовка: обезжиривание, анодное травление, промывка. Прогрев в ванне без тока 3—10 мин. Подача тока 5 А/дм² на 5 мин, затем через каждые 5 мин доводят до 20—30 А/дм². Промывка, нейтрализация.

19 — для твердого осталивания с повышенной адгезией. Очищенные детали погружают в горячий (60—80° С) раствор электролита. Проводят анодную обработку деталей при плотности тока 20—30 А/дм² в течение 1—2 мин. Затем покрываемую поверхность активируют с помощью ультразвуковых колебаний частотой 18—22 кГц при интенсивности 1—1,5 Вт/см² в течение 1—2 мин, после чего наносят покрытие по известному режиму.

20, 21 — для получения мягких осадков железа. В (21) хлористый кальций можно заменить хлористым натрием.

22 — получение толстых осадков железа. Перемешивание необходимо. Аноды — малоуглеродистая сталь в чехлах. Фильтрация непрерывно. $S_а:S_к$=1:1.

23—26 — для восстановительного железнения (23 — для восстановления изношенных деталей. Погружение на 2—3 мин без тока, затем ток 2—3 А/дм², и в течение 50 мин повышают до 20—30 А/дм². Подготовка — 10%-ный едкий натр — 10—20 мин; механическая обработка для снятия износа; чугун — пескоструить; электрохимическое травление в 30%-ной серной кислоте при 18—25° С и 20—70 А/дм² 2—5 мин. Нанесение покрытия после осталивания, промывка горячей водой (80—90° С), нейтрализация 10%-ным едким натром; 24 — холодный электролит; 25 — электролит повышенной стабильности; 26 — электролит осталивания. Осадок содержит 0,5—0,6% углерода и принимает закалку).

27, 28 — для износостойкого железнения (27 — для восстановления изношенных деталей, печатных схем и т. д. Аноды — малоуглеродистая сталь или армко-железо в чехлах. Не допускать органических загрязнений. Непрерывное фильтрование. Свежий электролит восстанавливать стальной шерстью при нагреве или электролизом при низкой плотности и увеличенных анодах. Нагрев 3 ч при 300° С устраняет хрупкость; 28 — электролит железнения повышенной износостойкости. Перемешивание осуществляют магнитной мешалкой. Полученное покрытие, содержащее 2—5% вес. бора, после термообработки в вакууме при температуре 1150° С в течение 0,5—1 ч представляет собой стабильную во времени однородную структуру с равномерно распределенной твердой составляющей).

Микротвердость полученных покрытий — 1200—1600 кгс/мм² (до термообработки — 650—700 кгс/мм²); износостойкость покрытий повышается в 2—2,5 раза до термообработки и в 10—12 раз после термообработки (по сравнению с осадками чистого железа).

29—32 — фторборатные электролиты железнения и осталивания (29 — концентрат электролита; 30 — рабочий электролит на основе концентрата (29); 31 — фторборатный электролит для получения толстых осадков. $\eta_к$=95—100%; $S_к:S_а$=1:1; перемешивание и фильтрация; 32 — износостойкое фторборатное железнение).

Осаждение сплавов железа. 1. Железо хлористое — 450—600; кобальта хлорид — 5—15; натрия гипофосфит — 10—15. pH=0,4—0,8; t=50—60° С; $D_к$=20—50 А/дм².

2. Натрия гипофосфит — 10—15; соляная кислота — до pH=0,8; хлорид железа — 150—180. t=50—60° С; $D_к$=30—50 А/дм².

3. Хлорное железо — 2—10; хлористый никель — 65—75; пирофосфорнокислый калий—300—350; салициловокислый натрий—10—30. t=20—50° С; $D_к$=0,5—3 А/дм².

4. Железо хлористое — 18—20; марганец хлористый — 80—150; хром хлорный — 50—100; гликоколь — 90—120. pH=2,5—4,0; $D_к$=8—20 А/дм²; t=18—40° С.

5. Железо хлористое — 20; марганец хлористый — 100; хром хлорный — 70; гликоколь — 100. pH=3,3; $D_к$=10 А/дм²; t=30° С.

6. Железо хлористое — 20; марганец хлористый — 120; хром хлорный—70; гликоколь—120. pH=3; $D_к$=16 А/дм²; t=40° С.

7. Хлористое железо — 100—150; хлористый кобальт — 50—700; хлористый марганец — 100—200. pH=0,8—1,6; $D_к$=20—50 А/дм²; t=30—80° С.

Назначения составов (1)—(7):

1 — для твердых осадков сплава железо—кобальт—фосфор. Структура осадка — мелкозернистая. HV=830 кгс/мм². Содержание кобальта в сплаве — 0,8—3%; фосфора — 1,5—4%. Через каждые 40 А·ч/л добавляют 4 г/л гипофосфита.

2 — для осаждения износостойкого при высокой температуре сплава железо—фосфор. Микротвердость осадка после термообработки 1 ч при 350° С — 1600—1800 кгс/мм².

3 — для получения сплава железо—никель.

4—6 — электролиты с гликоколем для получения сплавов железа повышенной твердости. Осаждение сплава осуществляют в ваннах с диафрагмой с нерастворимыми анодами. Электролит готовят путем последовательного растворения в растворе гликоколя хлористого железа, хлорного хрома и хлористого марганца (5 — состав сплава: Cr — 29%; Mn — 8%; Fe — остальное; 6 — состав сплава: Cr — 29%; Mn — 7%; Fe — остальное).

7 — осаждение сплавов кобальт—железо—марганец.

Электролит приготовляют путем растворения стружек малоуглеродистой стали в концентрированной соляной кислоте для получения раствора хлористого железа. Раствор фильтруют и прорабатывают в ванне со стальными электродами при плотности тока 10—15 А/дм². В полученном растворе хлористого железа растворяют хлористый кобальт и хлористый марганец, после чего осуществляют проработку электролита в течение 1—2 ч. Растворимые аноды — из малоуглеродистой стали. Получаемые осадки толщиной до 2—3 мм содержат: Co — 24—93%, Mn — 0,5—1,2%. Микротвердость покрытий—350—375 кгс/мм². Теплостойкость сплава превышает теплостойкость быстрорежущих сталей типа Р14Ф4.

5. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ТУГОПЛАВКИМИ МЕТАЛЛАМИ

Покрытие вольфрамом из водных растворов (г/л). 1. Вольфрамат натрия — 38; едкий натр — 60; глюкоза — 60. t=95° С; $D_к$=5—10 А/дм². Аноды — платина.

2. Трехокись вольфрама — 125; сода кальцинированная — 330. t=100° С; $D_к$=5—10 А/дм²; pH=13. Анод — платина.

3. Покрытие вольфрамом из расплавов (% вес.): вольфрамат натрия — 20—40; вольфрамат лития — 40—50; трехокись вольфрама — 40—10. t=900° С; $D_к$=10—80 А/дм². Аноды — платина или вольфрам.

Покрытие ванадием. Осаждение ванадия из расплавов производится при t=360—600° С, $D_к$=0,001—0,5 А/дм² в герметическом электролизере в среде очищенного аргона. Катоды — отшлифованные металлические стержни диаметром 3—10 мм; аноды — ванадий чистотой 96—99%. Исходные соли предварительно переплавляют, тщательно обезвоживают и смешивают в пропорциях, необходимых для получения соответствующего электролита. Так, например, из расплава, содержащего (% вес.): хлористый литий — 12—16; хлористый магний — 17—21; хлористый натрий — 25—30; бромистый калий — 30—35; дибромид ванадия — 6—8, при температуре 410—600° С, $D_к$=0,001—0,5 А/см² получают покрытие толщиной 2—3 мм. Беспористые плотные осадки ванадия толщиной 0,5—3 мм получают в течение 30 мин.

6. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ХРОМИРОВАНИЯ

Нанесение хромовых покрытий на различные металлы — широко развитая область гальванотехники. Основная цель этой операции — придание высокой твердости и сопротивления износу поверхности из более мягких металлов, создание декоративной внешности, длительно сохраняющейся и в неблагоприятных в отношении коррозии условиях. Ниже приводятся рецепты и режимы применения некоторых составов для гальванического хромирования из нагретых электролитов (горячее хромирова-

ние) и электролитов, применяемых без подогрева (холодное хромирование).

Электрохимическое хромирование (г/л) **1.** Серная кислота — 2,5; хромовый ангидрид — 250. $t=45°$ С; $D_к=10$ А/дм^2, для больших толщин $t=50°$ С; $D_к=50$ А/дм^2.

2. Серная кислота — 2,3—2,5; хромовый ангидрид — 230—250; $t=50—52°$ С; $D_к=45—60$ А/дм^2.

3. Кадмий (металл) — 13—17; натрий двухромовокислый — 7,5—10; натрия фторосиликат — 5—7,5; серная кислота — 1,3—1,5; хромовый ангидрид — 230—260. $D_к=8—50$ А/дм^2. При $D_к=45—50$ А/дм^2 $Q=1$ мкм/мин; $\eta_к=22—24\%$.

4. Серная кислота — 1—1,5; хромовый ангидрид — 120—150. $t=50—55°$ С; $D_к=30—40$ А/дм^2.

5. Саморегулирующийся хромовый электролит. Калия фторосиликат — 20; стронций сернокислый — 6; хромовый ангидрид — 250. $t=55—65°$ С; $D_к=40—80$ А/дм^2; $\eta_к=18—20\%$. Аноды: Pb + 10% Sb.

6. Серная кислота — 4; хромовый ангидрид — 400. $t=25—65°$ С; $D_к=20—100$ А/дм^2.

7. Моноаминосульфат натрия вторичных жирных кислот — 0,05—0,1; фористый калий — 5—8; хромовый ангидрид — 350.

8. Препарат «хромин» — 2; серная кислота — 3; хромовый ангидрид — 300. $t=40—50°$ С; $D_к=30$ А/дм^2; $\tau=10—15$ мин; $Q=1$ мкм.

9. (моль/л). Натрия сульфат — 0,45 — 0,55; уротропин — 0,010—0,025; формальдегид — 0,16—0,12; хром сернокислый — 0,45—0,55. рН = 0,65—0,95; $t=20—22°$ С; $D_к=15—35$ А/дм^2. Аноды — графит; $D_а=8—10$ А/дм^2. Катодное и анодное пространство разделено пористой диафрагмой.

10. Натрий углекислый — 260—280; серная кислота — 0,6—0,8; хромовый ангидрид — 280—300; циануровая кислота — 0,8—1,0. $t=25—30°$ С; $D_к=5—10$ А/дм^2; $\eta_к=25—30\%$; $D_к : D_а=1,5\div2 : 1$.

11. Метиленовый голубой — 1—5; серная кислота — 2—3; хромовый ангидрид — 150—250. $t=50—70°$ С; $D_к=50—700$ А/дм^2; $\eta=21—25\%$.

12. Едкий натр — 40—60; сахар — 1—2; серная кислота — 1—2; хромовый ангидрид — 350—400.

13. Серная кислота — 2,5; хромовый ангидрид — 250.

14. Стронций сернокислый — 6; окись хрома (III) — 30; хромовый ангидрид — 150—350. $t=17—23°$ С; $D_к=10—199$ А/дм^2.

15. Хромовый ангидрид — 200; серная кислота—2. $t=25—30°$ С; $D_к=25—45$ А/дм^2; $\tau=1$ ч.

16. Серная кислота — 2,5; хромовый ангидрид — 250.

17. Натрий фористый — 5—10; серная кислота — 0,6; хромовый ангидрид — 150—200. $t=18—25°$ С; $D_к=5—10$ А/дм^2.

Черное хромирование (г/л). **18.** Натрий азотнокислый — 50; хромовый ангидрид — 250. $t=18—25°$ С; $D_к=50$ А/дм^2.

19. Уксусная кислота — 6 мл/л; хромовый ангидрид — 250. $t=20—40°$ С; $D_к=300—400$ А/дм^2.

20. Бария ацетат — 3—7; борная кислота — 12—15; натрий азотнокислый — 7—12; хромовый ангидрид—250—350. $t=35—40°$ С; $D_к=40—100$ А/дм^2.

21. Аммоний муравьинокислый — 396—545; сегнетова соль — 10—20; хром уксуснокислый — 250—320. рН = 5—6.

22. (% вес.). Алюминий (окись) — до 100; кальций (окись) — 30—40; кремний (окись) — 30—40; хром (окись) — 10—11.

Назначение составов (1)—(22):

1—5 — для твердого и износостойкого хромирования (1 — универсальный электролит; 2 — хромирование с реверсом тока. Рекомендуется реверс тока: $\tau_к=15$ мин; $\tau_а=10$ с; $D_к=45—60$ А/дм^2; $D_а=55—60$ А/дм^2; 3 — электролит для износостойкого беспористого хромирования. 4 — хромирование сложнопрофильных деталей. 5 — саморегулирующийся хромовый электролит. $\eta_к=18—20\%$; аноды Pb + 10% Sb).

6 — для декоративного и защитно-декоративного хромирования.

7 — для защитно-декоративного хромирования мелких деталей. Фторид калия можно заменить плавиковой кислотой — 2,2—2,7 г/л. Электролит нестабилен.

8 — для защитно-декоративного хромирования мелких деталей насыпью.

9—11 — для блестящего хромирования (9 — блестящие осадки хрома в широком диапазоне плотностей тока. Для приготовления электролита 149 г $Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$ растворяется в 500—600 мл воды и к полученному раствору добавляется 110 мл H_2SO_4 (1,84). Смесь охлаждается, затем к ней осторожно при энергичном помешивании добавляется небольшими порциями 66 мл 31%-ного формальдегида. Полученный раствор выдерживается 1,5—2 ч, после чего качественной реакцией проверяется полнота восстановления Cr^{6+}. В небольшом количестве воды растворяется уротропин и вводится в электролит. Количество формальдегида определяется с учетом оставшегося в растворе после проведения реакции восстановления. Для получения качественных осадков хрома полученную смесь необходимо выдержать при 20—22° С в течение 3—4 нед, и полученный электролит должен характеризоваться максимумами спектра поглощения при длинах волн 415 и 582 ммк. Концентрацию добавок в электролите следует поддерживать в указанном интервале, так как снижение концентрации уротропина вызывает сужение рабочего интервала плотностей тока, а понижение содержания формальдегида в электролите вызывает появление в растворе ионов Cr^{6+}; 10 — для блестящего хромирования меди и стали; 11 — блестящие осадки хрома с пониженными внутренними напряжениями. $H_\mu=600—800$ кгс/мм^2. $D_к=300$ А/дм^2.

12 — двухслойное хромирование в ультразвуковом поле. Вначале наносится твердый слой ($H_\mu=1000—1200$ кгс/мм^2) при $D_к=180—200$ А/дм^2; $t=20\pm3°$ С; наложение ультразвука $f=18—25$ кГц; $P=1,2—1,5$ Вт/см^2; $Q=360$ мкм/ч. Затем наносится мягкий слой (0,5—5 мкм) в том же составе без ультразвука, при $D_к=40—60$ А/дм^2. Покрытие износостойко и хорошо прирабатывается.

13 — на предварительно подготовленную поверхность наносят последовательно четыре слоя хрома при разных режимах осаждения, что позволяет повысить качество покрытия. Первый слой хрома толщиной 15—20 мк осаждают при $D_к=60\pm3$ А/дм² и $t=50\pm2°$ С; второй слой беспористого хрома толщиной 30—35 мкм — при $D_к=40\pm3$ А/дм² и $t=75\pm2°$ С; третий (аналогичный по структуре первому) слой толщиной 30—35 мкм—при $D_к=70\pm3$ А/дм² и $t=50\pm2°$ С; четвертый слой износостойкого хрома — при $D_к=60\pm3$ А/дм² и $t=60\pm2°$ С. Толщина четвертого слоя обусловливается общей толщиной покрытий. Осаждение второго и четвертого слоев хрома может быть осуществлено на реверсивном токе с временем катодного периода 1—2 мин и анодного периода — 1—2 с. Изменение режимов электролиза производят непрерывно, что обеспечивает высокую прочность сцепления между отдельными слоями. Покрытие отличается высокой износостойкостью, коррозионной стойкостью и оказывает наименьшее влияние на механическую прочность покрываемого материала.

14 — для хромироваиия стали без подслоя. Раствор хромового ангидрида насыщают сульфатом стронция и окисью хрома (III) в течение 12—16 ч при $t=50—60°$ С и периодическом перемешиваиии. $\eta_к=33—43\%$.

15 — для непосредственного хромирования алюминия без удаления окисной пленки. Обработка 5 мин при $t=20°$ С в растворе: 15% HCl + 5% HF. Анодирование: 100 г/л CrO_3. $t=50°$ С; $\tau=3—10$ мин; $U=50—70$ В; $D_а=50—70$ А/дм².

Нанесение твердого хрома — в этом же составе при $t=30°$ С; $D_к=50—60$ А/дм²; $\tau=1$ ч.

16 — непосредственное хромирование силумина. Проводится после обезжиривания в растворе (г/л): едкий натр — 50; мононатрийфосфат — 50; жидкое стекло—30 при $t=70°$ С в течение 3 мин. Затем анодно обрабатывают в электролите для хромирования 2—4 мин и катодно осаждают хром в этом же электролите при $D_к=18—24$ А/дм² и $t=45—50°$ С.

17 — для холодного хромирования. Аноды: Pb + 6÷7% Sb; $\eta_к=10—16\%$.

18—20 — для черного хромирования. Аноды: Pb + 6÷7% Sb. $S_а:S_к=3:1$.

21 — хромирование натиранием.

22 — хромирование из расплава.

Электрохимическое тетрахроматное (холодное) хромирование (г/л). 1. Едкий натр — 40—60; сахар — 1,5—2,0; серная кислота — 1,5—2,5; хромовый ангидрид—300—400; хром трехвалентный — 8—12. $t=20\pm3°$ С; $D_к=10—40$ А/дм².

2. Едкий натр — 50—60; сахар — 1—2: серная кислота — 1,8—2,5; хромовый ангидрид — 300—350; хром трехвалентный — 7—8. $t=15—24°$ С; $D_к=15—20$ А/дм².

3. Едкий натр — 40—60; серная кислота — 2,5—2,7; хром³⁺ (на окись) — 10—15; хромовый ангидрид — 350—400; $t=16—22°$ С (не выше 24°); $D_к=20—80$ А/дм²; Q — до 1 мкм/мин.

4. Едкий натр — 60; серная кислота — 1—1,5; хромовый ангидрид — 360—400; хром трехвалентный —8—15. $t=15—25°$ С; $D_к=30$ А/дм².

5. Едкий натр — 40—60; сахар — 1,5—2; серная кислота — 1,26—2; хромовый ангидрид — 350—400. $t=15—20°$ С; $D_к=20—40$ А/дм².

6. Едкий натр — 40—60; серная кислота — 1,5—2,5; хромовый ангидрид — 300—400; хром трехвалентный — 8—12. $t=17—23°$ С; $D_к=15—30$ А/дм².

7. Магний сернокислый — 2,5—3,0; едкий натр — 40—60; серная кислота — 0,8—1,6; хромовый ангидрид—350—400. $t=15—25°$ С; $D_к=20—100$ А/дм².

8. Кальций сернокислый — 5—20; кальций углекислый — 50—75; хромовый ангидрид — 250—350. $t=15—25°$ С; $D_к=20—65$ А/дм².

9. Едкий натр — 50—70; серная кислота — 1,0—1,6; хромовый ангидрид — 380—460; хром трехвалентный — 8—25. $t=18—25°$ С; $D_к=15—25$ А/дм².

10. Метиловый спирт — 100; натрий углекислый — 75; серная кислота — 1,5; хромовый ангидрид — 375. $t=18—25°$ С; $D_к=20—60$ А/дм².

11. Едкий натр — 40—60; стронций сернокислый — 6; хромовый ангидрид — 300—400. $t=16—20°$ С.

12. Едкий натр — 40—60; стронций сернокислый — 6; фторосиликат калия — 20. $t=16—20°$ С.

13. Едкий натр — 40—60; сахар — 1—2; серная кислота 2—2,5; трехвалентный хром (на окись) — 10—15; хромовый ангидрид — 350—400.

14. Электролит для тетрахроматного хромирования. Едкий натр — 50—70; серная кислота — 1,0—1,6; хром³⁺ — 8—25; хромовый ангидрид — 380—460. $t=18—25°$ С; $D_к=15—25$ А/дм².

15. Едкий натр — 58; серная кислота — 0,75; хром³⁺ — 7,5; хромовый ангидрид — 400. $t=20—30°$ С; $D_к=25—50$ А/дм²; $S_а:S_к=2:1$.

16. Кальций углекислый — 67—75; кобальт сернокислый — 15—20; хромовый ангидрид — 400—420. $t=18—23°$ С; $D_к=150—400$ А/дм².

17. Едкий натр — 40—60; сахар — 1,5—2,0; серная кислота — 1,5—2,5; хромовый ангидрид — 360—400. $t=18—22°$ С; $D_к$ — до 200 А/дм².

18. Полихроматный электролит хромирования. Натрий двухромовокислый — 300; серная кислота — 2; Cr^{3+} (на окись) — 7; хромовый ангидрид — 200. $t=30°$ С; $D_к=12—25$ А/дм².

Назначение составов (1)—(18): 1—14—для холодного (тетрахроматного) нанесения защитно-декоративных и износостойких осадков хрома. 14 — объемная плотность тока 1—1,5 А/л; $U=12$ В; $Q=0,6—1$ мкм/мин; $S_а:S_к$ не менее 2 : 1; Cr^{3+} получают, вводя 1 г/л сахара.

15 — для матового хромирования.

16 — электролит повышенной производительности.

17 — для тетрахроматного хромирования с наложением ультразвука. Интенсивность

ультразвука 1,25—1,5 Вт/см^2; f=18—25 кГц. Мелкокристаллические, хорошо сцепленные осадки.

18 — полихроматный электролит.

7. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ЦИНКОВАНИЯ

Гальваническое нанесение цинковых покрытий на поверхность черных металлов — одна из массовых технологических операций, осуществляемых для повышения коррозионной стойкости металлов и соответственно для защиты покрываемых металлов от преждевременного коррозионного разрушения.

Большое разнообразие составов электролитов для цинкования может быть в основном сведено в следующие группы: кислые (простые), кислые комплексные (борфтористые, пирофосфатные), щелочные (цинкатные), щелочные (аммиакатные электролиты).

7.1. КИСЛЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ

(г/л)

	1	2	3	4
Цинк сернокислый	500	600	500	600
Натрий сернокислый	60	—	60	—
Алюминий сернокислый	30	30	—	30
Кислота серная	—	—	—	3,5
pH	3,5—4,5	3,5—4	3,5—4	—
t, °С	50—55	20—30	45—50	—
$D_к$, А/дм^2	20—40	До 30	20—30	40

	5	6
Цинк сернокислый	380	350
Цинк (металл)	87	—
Сульфат натрия	72	—
Сульфат магния	61	—
Сульфат аммония	—	30
pH	3—4	3—4,5
t, °С	55—65	44—55
$D_к$, А/дм^2	25—40	10—60

7. Борная кислота — 7,5—15; цинк сернокислый ($7H_2O$) — 575—720. pH=3,5—4,5; t=40—50° С; $D_к$=50—400 А/дм^2.

8. Алюминий сернокислый — 35—40; монобутилфенилфенолсульфонат натрия — 1,5—3,0; натрий сернокислый — 30—50; цинк сернокислый — 450—500. pH=3,5—4,5; t=45—50° С; $D_к$—до 60 А/дм^2; $\eta_к$=98—99%.

9. Алюминиево-калиевые квасцы — 45—50; декстрин — 10—12; натрий сернокислый — 50—100; цинк сернокислый — 200—300. t=18—25° С; $D_к$=1—2 А/дм^2; τ=35—40 мин.

10. Алюминий сернокислый или алюминиево-калиевые квасцы—50—60; декстрин—2—6; натрий сернокислый — 60—80; цинк сернокислый — 200—250. pH=3,8—4,2; t=18—25° С, $D_к$=1—2 А/дм^2 (с перемешиванием — 3—5).

11. Алюминий сернокислый — 30; аммоний хлористый — 15; борная кислота — 30; цинк сернокислый — 250. pH — 3,5—4,5; $D_к$=1—3 А/дм^2 (с перемешиванием — 5—15).

12. Фторборат аммония — 25—30; борная кислота — 10—15; ОП-10 — 10; тиомочевина — 2—4; фторборат цинка — 250—300. pH=3,5—4,5; t=25° С; $D_к$=3—5 А/дм^2.

13. Фторборат аммония — 25—30; аммоний хлористый — 25—30; солодковый корень — 1,0; фторборат цинка — 220—250; фтороборная кислота — до нужного pH. pH=1—3; t=18—25° С; $D_к$=4—8 А/дм^2.

14. Фторборат аммония — 35; аммоний хлористый — 55; солодковый корень — 1,0; фтороборная кислота — до нужного pH; фторборат цинка — 200. pH=5—5,4; t=20—30° С; $D_к$=4,5—10 А/дм^2.

15. Фторборат цинка — 300; аммоний хлористый — 27; фторборат аммония — 35. pH=3,5—4; t=27—38° С; $D_к$=2,5—85 А/дм^2; $S_а:S_к$=1 : 1; анод — чистый цинк; интенсивное перемешивание.

16. Фторборат аммония — 35; аммоний хлористый — 27; солодковый корень — 1,0; фтороборная кислота — до нужного pH; фторборат цинка — 300. pH=3,5—4; t=25—35° С; $D_к$=2,5—80 А/дм^2.

17. Алюминий сернокислый — 25—35; натрий сернокислый — 50—100; НДСК — 2—4; цинк сернокислый — 200—300. pH=3,8—4,4; t=18—25° С; $D_к$=3—8 А/дм^2.

18. Алюминиево-калиевые квасцы — 55—60; декстрин — 1—2; ДЦУ (блескообразователь) —1,5—2,0; натрий сернокислый — 70—80; цинк сернокислый — 200—250; $У_2$ (блескообразователь) — 1,5—2,0; pH=4,0—4,2; t=18—25° С; $D_к$=2—2,5 А/дм^2 (с качанием 3—3,5 А/дм^2).

19. Аммоний сернокислый — 27,5; декстрин — 10; натрий сернокислый — 30; цинк сернокислый — 215. pH=3,5—4; $D_к$=1,2 А/дм^2.

20. Натрий сернокислый — 100; НДСК — 4—5; цинк сернокислый — 450. pH=3,8—4,5; $D_к$=3—8 А/дм^2.

21. Алюминий сернокислый — (крист.) — 15; глюконат цинка — 10; меласса — 0,6;

натрия сульфолигнин — 3,5; трифторуксусная кислота — 0,5; цинк сернокислый — 240. pH=6,0; $D_к$=0,2—10 А/дм².

	22	23
Сернокислый цинк ($7H_2O$), г/л	130—140	300—350
Серная кислота, г/л	0,3—0,5	0,08—0,1
Диспергатор НФ, мл/л	2,0—2,5	—
Смачиватель НБ (0,1—н), мл/л	—	2,0—3,0
$D_к$, А/дм²	1,8—2,5	2,0—3,0
t, °С	18—22	18—30

24. Алюминий сернокислый ($18H_2O$) — 30; натрий сернокислый ($10H_2O$) — 50—100; НДСК — 2—4; цинк сернокислый ($7H_2O$) — 215—430. pH=3,8—4,4; t=25° С; $D_к$=3—8.

25. Аммоний хлористый — 45; кремнефторид цинка — 300. pH=4,6—5,4; t=18—25° С; $D_к$=8—10 А/дм².

Назначение составов (1)—(25):

1—4—для скоростиого цинкования движущейся стальной полосы.

5, 6 — для скоростиого цинкования.

7 — для цинкования проволоки и леиты. Борную кислоту можно заменить сульфатом алюминия (90 г/л) или алюминиево-калиевыми квасцами (50 г/д).

8 — цинкование в барабанах или стальной полосы в скоростных агрегатах. Светлые осадки с мелкокристаллической структурой — при $D_к$ до 60 А/дм² и значительной толщине цинкового слоя.

При цинковании непрерывной полосы на скоростных агрегатах важным условием является иепрерывная циркуляция электролита по замкнутой системе, где он подвергается фильтрации и охлаждению.

При цинковании мелких стальных изделий в барабанах и колоколах концентрация сернокислого цинка может быть снижена до 250 г/л и процесс может проводиться при 18—25° С и плотности тока 10—15 А/дм².

Электролит готовят растворением расчетных количеств сериокислых цинка, алюминия и натрия в отдельных объемах при 45—50° С. Далее все растворы сливают в одиу ванну, куда вводят добавку — монобутилфенилфенолсульфонат натрия. Электролит не требует проработки.

9 — для применения в линии механизированного цинкования. Обезжиривание (г/л): жидкое стекло — 5—10; едкий натр — 30—40; сода кальцинированная — 38—50; тринатрийфосфат — 30—50; t=80—90° С; τ=5—10 мин; горячая промывка при 80—90° С. Холодная промывка.

Химическое травление: присадка ЧМ — 0,5—1; серная кислота — 200; соляная кислота — 200. Горячая и холодная промывка. Декапирование 0,5—1 мин в серной или соляной кислоте — 50 г/л. Промывка холодная. Цинкование в электролите (9). Холодная промывка. Пассивация. Осветление. Пассивация в растворе: азотная кислота — 5; натрий сернокислый — 20; хромовый ангидрид — 20. t=18—25° С; τ=0,5—1 мин. Холодная промывка. Снятие хроматиой пленки (осветление): натр едкий — 80; сода кальцинированная — 40. t=18—25° С; τ=0,5—1 мин, промывка, сушка 3—5 мин горячим воздухом.

10 — для цинковаиия стали и чугуиа в стационарных ваинах и барабанах.

11 — для матового цинкования.

12 — кислый электролит цинкования.

13 — кислый электролит циикования алюминия и его сплавов.

12, 14 — для цинкования в стационарных ваннах, колоколах и барабанах.

15, 16 — для скоростного цинкования стальной полосы, ленты, проволоки.

17—24 — для получеиия блестящих осадков цинка.

25 — кремнефтористый электролит цинкования.

7.2. ЩЕЛОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОЛИТЫ

(г/л)

1. Едкий натр — 40—60; натрий цианистый (общий) — 80—85; окись цинка — 40—46. t=18—25° С; $D_к$=1,5—2 А/дм².

2. Едкий натр — 53; натрий цианистый — 23; цинк цианистый — 60. t=40—50° С; $D_к$=1—2 А/дм²; $\eta_к$=90—95%. Аноды — цинк (99,75%).

3. Едкий натр — 90; натрий цианистый — 37,5; цинк цианистый — 90. t=40—70° С; $D_к$=6—12 А/дм²; η=85—95%.

4. Едкий натр — 20—60; цианистый натрий — 50—55; окись цинка — 25—30; натрий сернистый — 1—2; желатина — 1—2; тринатрийфосфат — 0,5—2. t=18—35° С; $D_к$=2—4 А/дм².

5. Желатина — 1—2; едкий натр — 20—60; натрий сернистый — 1—2; натрий цианистый — 50—55; тринатрийфосфат — 0,5—2; окись цинка — 25—30. t=18—35° С; $D_к$=4—5 А/дм².

6. Натр едкий — 30; натрий цианистый — 23; ртуть цианистая — 0,25; циик цианистый — 37,5. t=30—50° С; $D_к$ — до 4 А/дм²; D_a=1—1,5 А/дм²; $S_a:S_к$=2 : 1; $\eta_к$ при 2,5 А/дм²=90%. Аноды: 99,25 Zn + + 0,5÷1,0 Hg.

7. Едкий иатр — 45; натрий цианистый — 30; ртуть цианистая — 0,25; цинк цианистый — 60. t=30—50° С; $D_к$ — до 4 А/дм². Остальное — как в (6).

8. Едкое кали — 117; натрий цианистый — 88; цинк цианистый — 78. t=15—25° С; $D_к$=2—6 А/дм².

9. Едкий натр — 75; натрия карбонат — 4; натрия сульфит — 3; натрия тиосульфат — 9; натрий цианистый — 46; никеля сульфат — 1,3; цинк цианистый — 40. t=18—34° С; $D_к$=1—4 А/дм².

10. Глицерин — 3—5; едкий натр — 70—85; натрий сернистый — 0,5—5; (или тиосульфат натрия) — 3—5; натрий цианистый (общ.) — 75—85; окись цинка — 40—45. t= =18—25° С; $D_к$=2—5 А/дм².

11. Для щелочного блестящего цинкования. Ванилин — 0,75; трехокись молибдена — 4; едкий иатр — 30; натрий цианистый — 100; цннк цианистый — 50. t=20° С; $D_к$=2,5—5 А/дм².

12. Для покрытий с высоким блеском. Едкий натр — 70—85; натрий цианистый — 75—85; продукт конденсацни — 4—20; окись цинка — 40—45. $D_к$=2—8 А/дм². Продукт

конденсации полиамина со смесью алифатического и алициклического кетона, в частности, полиэтиленполиамина и циклогексанона + ацетон — 10—12 г/л; циклогексанона + метилбутилкетон — 3—15 г/л; циклогексанона + метилэтилкетон — 3—15 г/л; метилциклогексанона + ацетон — 3—20 г/л; метилциклогексанона + метилэтилкетон — 5—14 г/л; метилциклогексанона + метилбутилкетон — 4—12 г/л.

13. Изопропиловый спирт — 0,25—0,5 мл/л; трехокись молибдена — 0,1—0,15; едкий натр — 70—85; натрий сернистый — 0,5—2,0; натрий цианистый — 75—85; поливиниловый спирт — 0,1—0,25; трибутилэфир фосфорной кислоты — 0,05—0,1; трилон Б — 0,2—0,3; окись цинка — 40—45. $t=25°$ C; $D_к$ — до 8 А/дм². После осветления в 3—4%-ной HNO_3 — блеск.

14. Изопропиловый спирт — 0,25—0,5 мл/л; трехокись молибдена — 0,1—0,15; едкий натр — 75—85; натрий сернистый — 0,5—2,0; натрий цианистый — 20—30; поливиниловый спирт — 0,1—0,25; трибутилэфир фосфорной кислоты — 0,05—0,1; трилон Б — 0,2—0,3; окись цинка — 15—20. $t=25°$ C; $D_к$ — до 5 А/дм².

15. Едкое кали: общее — 90—112; свободное — 78—90; олово — 0,2—0,5; циик (цинкат) — 3,5—6,5. $t=50°$ C; $D_к=0,7$ А/дм² без перемешивания; $D_к=1,5—2$ с воздушным перемешиванием.

16. Едкое кали: общее — 112—140; свободное — 84—107; олово — 0,2—0,5; цинк (цинкат) — 8,2—9,8. $t=50°$ C; $D_к=1,2$ без перемешивания; $D_к=2—2,5$ с воздушным перемешиванием.

17. Едкое кали: общее — 196—252; свободное — 146—196; олово — 0,2—0,5; цинк (цинкат) — 14,7—16,3. $t=50°$ C; $D_к=2—2,5$ А/дм² без перемешивания; $D_к=3,4$ с воздушным перемешиванием.

18. Алканоламин — 1—40; аминобензальдегид — 0,05—2; ароматический альдегид — 0,1—2; коллоидная добавка — 0,2—2; едкий натр — 50—180; стабилизирующее вещество — 0,5—2; окись цинка — 12—35. $t=20—30°$ C; $D_к=1—5$ А/дм²; $Q=0,5—0,6$ мкм/мин.

19. Окись цинка — 25—30; едкий натр — 120—150; 3-диметиламинобензальдегид — 0,3—0,6; полиэтиленгликоль — 0,8—1,0; моноэтаноламин — 11—13; триэтаноламин — 20—25. $D_к=2—5$ А/дм².

20. Окись цинка — 30—35; едкий натр — 150—180; 3-нитро-4-диметиламинобензальдегид — 0,3—0,4; полипропиленгликоль — 0,4—0,6; триэтаноламин — 30—35. $D_к=2—3$ А/дм².

21. Окись цинка — 12—15; едкий натр — 50—60; полиэтиленполиамин — 0,5—1,5; 4-аминобензальдегид — 0,3—0,6; триэтаноламин — 20—25. $D_к=1—4$ А/дм².

22. Окись цинка — 12—15; едкий натр — 50—60; 2-ацетаминобензальдегид — 0,4—0,8; полиэтиленполиамин — 0,5—1,5; триэтаноламин — 20—25. $D_к=1—4$ А/дм².

23. Окись цинка — 30—35; едкий натр — 130—150; 4-метилбензиламинобензальдегид — 0,3—0,5; полиэтиленполиамин — 0,5—1,5; моноэтаноламин — 15—18; триэтаноламин — 20—22. $D_к=2—4$ А/дм².

24. Окись цинка — 25—30; едкий натр — 120—150; 4-диэтиламинобензальдегид—0,3—0,4; полиэтиленполиамин — 0,5—1,5; моноэтаноламин — 11—13; триэтаноламин—20—25. $D_к=2—5$ А/дм².

25. Окись цинка — 25—30; едкий натр — 120—140; 4-диметиламинобензальдегид — 0,3—0,6; полиэтиленгликоль — 0,8—1,0; диэтаноламин — 10—12; триэтаноламин—25—30. $D_к=1—4$ А/дм².

26. Окись цинка — 25—30; едкий натр — 130—150; 4-амино-3-метилбензальдегид — 0,06—0,08; п-метоксибензальдегид — 0,15—0,8; моноэтаноламин — 3—5; полипропиленгликоль — 0,4—0,6; триэтаноламин — 15—20. $D_к=5$ А/дм².

27. Окись цинка — 25—30; едкий натр — 130—140; 4-метиланилинобензальдегид — 0,06—0,08; кумарин — 0,2—0,6; моноэтаноламин — 2—3; полиэтиленгликоль — 0,8—1,0; триэтаноламин — 15—20. $D_к=2—5$ А/дм².

28. Окись цинка — 25—30; едкий натр — 120—140; 4-диметиламинобензальдегид — 0,05—0,15; желатина—0,5—1,0; моноэтаноламин — 3—5. $D_к=2—5$ А/дм².

29. Окись цинка — 25—30; едкий натр — 120—140; 4-диэтиламино-3-метилбензальдегид — 0,05—0,07; о-ванилин — 0,5—1,0; поливиниловый спирт — 0,5—1,0; триэтаноламин — 20—30. $D_к=2—5$ А/дм².

30. Окись цинка — 25—30; едкий натр — 120—140; 4-бензиламинобензальдегид — 0,05—0,08; 3,4-диметоксибензальдегид—0,3—0,5; фурфурол — 0,8—1; полиэтиленполиамин — 0,5—2; триэтаноламин — 25—30. $D_к=1—5$ А/дм².

31. Окись цинка — 25—30; едкий натр — 120—150; 4-диметиламинобензальдегид — 0,05—0,15; фурфурол — 0,8—2; желатина — 0,5—1; полиэтиленполиамин — 0,5—1,5; моноэтаноламин — 1—2; триэтаноламин—25—30. $D_к=1—5$ А/дм².

32. Окись цинка — 10—12; гидрат окиси натрия — 80—100; алканоламин — 10—60; аминобензальдегид — 0,05—0,6; продукт реакции эпихлоргидрина и гексаметилентетрамина—1,0—2,5. $t=15—25°$ C; $D_к=1,5$ А/дм² (оптимальная — 3—3,5 А/дм²); $Q=0,6—0,7$ мкм/мин.

33. Окись цинка — 10—12; гидрат окиси натрия — 80—100; п-аминобензальдегид — 0,1—0,2; диэтаноламин — 30—40; продукт реакции эпихлоргидрина и гексаметилентетрамина — 1,5—2.

34. Окись цинка — 10—12; гидрат окиси натрия — 80—100; 4-диметиламинобензальдегид — 0,2—0,4; моноэтаноламин — 40—60; продукт реакции эпихлоргидрина и гексаметилентетрамина — 2,0—2,5.

35. Окись цинка — 10—12; гидрат окиси натрия — 80—100; 4-диэтиламинобензальдегид — 0,2—0,4; триэтаноламин — 25—30; продукт реакции эпихлоргидрина и гексаметилентетрамина — 1,5—2.

36. Окись цинка — 10—12; гидрат окиси натрия — 80—100; п-метоксибензальдегид — 0,05—0,2; триэтаноламин — 30—40; продукт реакции эпихлоргидрина и гексаметилентетрамина — 1,5—2,0.

37. Окись цинка — 10—12; гидрат окиси натрия — 80—100; о-ванилин — 0,3—0,5; триэтаноламин — 25—30; продукт реакции эпи-

хлоргидрина и гексаметилентетрамина — 1,5—2,0.

38. Конденсат моноэтаноламина с бензальдегидом — 12—15; едкий натр — 80—100; окись цинка — 25—30; полиэтиленгликоль — 0,4—0,6. t=18—25° С; $D_к$=2—4 А/дм².

39. Конденсат моноэтаноламина с параметоксибензальдегидом — 1—1,5; едкий натр — 80—100; окись цинка — 25—30; полипропиленгликоль — 0,2—0,4. t=18—25° С; $D_к$=2—5 А/дм².

Назначение составов (1)—(39):

1—3 — электролиты, дающие обычные — неблестящие осадки. Работа в стационарных ваннах, барабанах и колоколах.

4 — для цинкования в барабанах и стационарных ваннах. Цвет деталей, покрытых цинком в среднецианистом электролите, светло-серый с голубоватым оттенком. Покрытие — мелкокристаллическое с однородной поверхностью. Применяется для защиты от коррозии.

5 — для сложнопрофилированных деталей.

6—9 — светлого и полублестящего цинкования в стационарных ваннах (6) и барабанах (7).

10—12 — для блестящего цинкования (10, 11 — блестящие покрытия; 12 — покрытия с высоким блеском).

13, 14 — для зеркально-блестящих покрытий на деталях любой сложности.

15—17 — нецианистые щелочные электролиты без органических добавок (15 — для деталей сложного профиля; 16 — для деталей с рельефом средней сложности; 17 — для нерельефных деталей).

18 — базовый состав электролита с органическими добавками, для блестящего цинкования (стабилизирующие вещества — полиэтиленгликоль, полипропиленгликоль, полиэтиленполиамин).

Аминобензальдегид применяют в количестве 0,05—2 г/л, однако оптимальные результаты получаются при 0,3—0,8 г/л. Когда в состав электролита входят ароматический альдегид и коллоидная добавка, оптимальное количество аминобензальдегида уменьшается до 0,05—0,15 г/л. Органические добавки растворяются в щелочной ванне, содержащей обычное количество цинката, получаемого растворением цинка или соединений цинка, таких, как окись, сульфат, хлорид цинка — в щелочах, а также свободную щелочь.

Корректировка электролита проводится после пропускания 18—20 А/ч через 1 л электролита введением органических добавок.

Цинковое покрытие, получаемое при использовании предлагаемого электролита, отличается хорошей адгезией осаждаемого металла с основой, а также высокой степенью блеска, достигающей 90% по отношению к серебряному зеркалу.

19—31 — варианты составов на основе базового (18).

32 — базовый состав электролита блестящего цинкования с добавками органических аминов. Электролит обладает хорошей рассеивающей способностью и высоким выходом цинка по току, приближающимся к электролитам цианистого цинкования. В качестве алканоламина в электролит могут быть введены моноэтаноламин, диэтаноламин или триэтаноламин, а в качестве аминобензальдегидов — п-аминобензальдегид, п-диметиламинобензальдегид, п-диэтиламинобензальдегид, п-метоксибензальдегид, о-ванилин.

В качестве блескообразующей добавки в электролит вводится продукт реакции эпихлоргидрина и гексаметилентетрамина, который готовится следующим образом.

Для приготовления исходные продукты берутся в соотношении от 1 : 1 до 10 : 1 (оптимальный результат получается при эквимолярном соотношении). Гексаметилентетрамин растворяют в отдельной порции воды, затем при постоянном перемешивании добавляют эпихлоргидрин. Смесь подогревают и проводят реакцию при температуре 90° С в течение 30—60 мин. Образуется продукт красно-кирпичного цвета, который легко растворяется в воде. В электролит вводят 1—2,5 г/л полученного продукта.

Полученные осадки цинка хорошо сцеплены с основой, эластичны и обладают высокой степенью блеска. Корректировка электролита проводится после пропускания через 1 л электролита 12—15 А/ч.

33—37 — варианты составов на основе базового электролита (32).

38—39 — щелочные электролиты блестящего цинкования с органическими добавками. Покрытия беспористы при Q=2 мкм. Степень блеска — 75—80% к серебряному зеркалу. Скорость осаждения — 0,5—0,6 мкм/мин. Рассеивающая способность — 5—10%.

Составы аммонийсодержащих электролитов для электрохимического цинкования (г/л). 1. Окись цинка — 90—100; хлористый аммоний — 280—300; клей столярный или мездровый — 5—6. pH=5,2—7/7,8—8,2; t= =18—30/18—25° С; $D_к$=4—5 А/дм²; U= =6—12 В; $S_а : S_к$=1 : 1.

2. Аммоний хлористый — 280—300; клей столярный — 5—6; окись цинка — 90—100.

3. Аммоний хлористый — 250—300; клей мездровый — 3; окись цинка — 30. t=20—25° С; $D_к$=1,5 А/дм²; pH=7,0—8,0; $S_а : S_к$=2 : 1; Q=0,7—0,8 мкм/мин; P= 0,3—0,5 Вт/см²; f=18—22 кГц.

4. Аммоний хлористый — 280—300; борная кислота — 30; клей столярный — 1—2 (до 3); цинк сернокислый — 40—50. $D_к$= =0,5—3 А/дм²; pH=7,5—8; $\eta_к$=40—70%.

5. Аммоний хлористый — 150—200; желатина — 0,5—1,0; натрия ацетат — 25—30; цинк сернокислый — 50—100. pH=5,5—6,5; t=18—30° С; $D_к$=0,5—2,5 А/дм².

6. Аммоний уксуснокислый — 30—35; аммоний хлористый — 200—250; диспергатор НФ 35%-ный — 50—100 мл/л; цинк сернокислый—120—150. t=18—35° С; $D_к$= =1—3 А/дм²; pH=4,5—6,0.

7. Цинк сернокислый — 70—90; аммоний хлористый — 260—280; натрий фтористый — 5—7; клей столярный — 1—2. pH=5,9—6,2; t=18—25° С.

8. Аммоний роданистый — 20; аммоний хлористый — 250; клей столярный — 1,5—2,5; окись цинка — 20. pH=6,8—7,5; t=20—40° С; $D_к$=1,5—3,5 А/дм².

9. Аммоний хлористый — 240—260; борная кислота — 20—25; клей столярный — 1—2; окись цинка — 12—15. pH=5,8—7,5; t=20—30° С; $D_к$=0,5—1,5 А/дм².

10. Аммоний хлористый — 180—200; диспергатор НФ — 50—100 мл/л; натрий уксуснокислый — 25—30; цинк сернокислый — 80—120. $D_к$=3—5 А/дм².

11. Аммоний роданистый — 40—50; аммоний хлористый — 200; клей — 1; окись цинка—30—35. pH=6,5—8; t=20—40° С; $D_к$=1,5—2 А/дм²; $D_а$=6 А/дм².

12. Аммиак — 120—130 мл/л; аммоний хлористый — 150—250; клей столярный — 3—4; окись цинка — 60—70; уротропин — 50—80. pH=7,8—8,5; $D_к$=2,5—3 А/дм².

13. Аммиак — 120—130 мл/л; аммоний хлористый — 150—250; борная кислота — 20—25; ванилин — 10—12; окись цинка — 25—30; уротропин — 50—80. pH=7,9—8,3; $D_к$=3—4 А/дм².

14. Аммоний хлористый —220—250; бензальдегид — 0,1—0,2; борная кислота — 20—30; окись цинка — 8—14; препарат ОС-20 — 0,7—1,5. pH=6—6,5; t=14—25° С; $D_к$=0,05—5,0 А/дм².

15. Аммиак 25%-ный — 50—125 мл/л; аммоний хлористый—180—250; борная кислота — 10—20; ванилин — 5—9; окись цинка — 25—40; уротропин — 10—100. pH=7,8—8,5; t=10—25° С; $D_к$=1—7 А/дм².

16. Аммоний хлористый — 50—300; кетон ароматического ряда —0,01—5,0; полиэтиленгликоль —0,1 —20; соль цинка —50—200.

17. Аммоний сернокислый — 50—100; борная кислота —10—15; гексоаминоцинксульфат [1]—200—250; декстрин —5—10; натрий сернокислый —40—70.

18. Аммоний хлористый — 180; клей столярный—1—1,5; моноэтаноламин 40%-ный—150 мл/л; окись цинка —130. pH=8—9; t=18—22° С; $D_к$=1,5—2 А/дм².

19. Аммоний хлористый — 100; полиэтиленполиамин —75—85; цинк сернокислый — 72. pH=8—9,5; t=18—25° С; $D_к$=1—4 А/дм²; Q=35—40 мкм/ч.

20. Аммония сульфат — 50; аммоний хлористый — 150; полиэтиленполиамин — 150—160; цинк сернокислый — 145. pH=8—9,5; t=18—25° С; $D_к$=2—6 А/дм²; Q=60 мкм/ч.

21. Цинк сернокислый — 150—200; полиэтиленполиамин — 110—150; хлористый аммоний — 200—250.

22. Цинк сернокислый —40—60; гексаметилентетрамин — 40—60; аммоний сернокислый — 100—150; полиэтиленполиамин — 2—10. pH=6,5—7,5; t=18—25° С; $D_к$=0,5—5 А/дм²; $D_а$=0,5—2 А/дм².

23. Цинк сернокислый — 40—60; аммоний сернокислый — 100—150; уротропин — 40—60; полиэтиленполиамин — 2—10. pH=6,5—7,5; t=18—25° С; $D_к$=0,5—0,6 А/дм²; $D_а$=0,5—2 А/дм².

Назначение составов (1)—(23):

Хлористо-аммонийные электролиты: 1 — высокопроизводительный электролит.

2 — для скоростного цинкования. Хлористый аммоний растворяют в ½ объема воды при 60—80° С, добавляют кашицу окиси цинка, отстаивают 30 мин, фильтруют в ванну, вводят растворенный клей, корректируют до pH=5,2—5,5 соляной кислотой.

3 — для цинкования с наложением ультразвука. Частота ультразвука f=18—22 кГц; мощность — 0,3—0,5 Вт/см².

4 — цинкование сложнопрофилированных деталей в барабанах.

5 — сульфатно-хлоридный аммонийный электролит.

6 — для цинкования в колоколах и барабанах. Уксуснокислый аммоний можно заменить уксусной кислотой 25 мл/л. Высокая рассеивающая способность.

7 — для получения прочных осадков цинка на бериллии.

При цинковании pH поддерживают в пределах 5,9—6,2. Температура процесса 18—25° С. Детали из бериллия покрывают цинком в течение 5—7 мин, а затем осуществляют электролитическое цинкование в том же самом электролите $D_к$=0,8—1 А/дм². Прочность сцепления цинковых покрытий с бериллием 4—6 кгс/мм².

Наличие в электролите фтористого натрия позволяет вести контактное осаждение цинка в аммиачном растворе, так как потенциал бериллия становится отрицательнее потенциала цинка на 100—150 мВ. По оцинкованному бериллию могут быть нанесены различные электролитические и химические покрытия, например медь, кадмий, серебро, никель и др.

8 — аммиакатный электролит. Качание штанг и реверс тока $S_а : S_к$=10 : 1; $\tau_к$=6—8 с; $\tau_а$=0,6—0,8 с.

9 — покрытие с блеском.

10 — ускоренное полублестящее цинкование. Для деталей с острыми углами $D_к$=3,5 А/дм², без острых углов — 5—6 А/дм². Хорошая рассеивающая способность. Мелкокристаллическая структура.

11 — цинкование сложных рельефов.

12, 13 — двухслойное покрытие повышенной коррозионной стойкости.

Перед нанесением промывка в проточной воде и толчок тока 5—6 А/дм².

14 — для зеркально-блестящего цинкования.

15 — твердые блестящие осадки цинка, расширенный интервал рабочих плотностей тока.

16 — кислый аммонийный электролит блестящего цинкования. Блестящие и пластичные осадки при больших толщинах.

17 — для блестящего цинкования.

18 — электролит с добавками органических аминов.

19—20 — для стационарных ванн.

21 — цинкование мелких крепежных деталей в барабанах. Скорость осаждения — 9—12 мкм за 30—40 мин. Промывка в теплой воде и пассивирование в растворе

---

[1] (600 мл/л NH_4OH 25%-ного; 146 г/л $ZnSO_4$; 66 г/л H_2SO_4) pH=3,5—4,8; t=16—30° С; $D_К$=1,5—1,8 А/дм² (t=40—50° С и $D_К$=4—5 А/дм² — с перемешиванием).

(г/л): хромовый ангидрид — 5—20; азотная кислота — 2—5; натрий сернокислый — 5—20. t=20—25° С; τ — до 30 с.

22 — аммонийно-аминовый электролит полублестящего цинкования.

23 — для полублестящих осадков цинка.

Применение реверса тока при электролизе позволяет повысить допустимую катодную плотность тока в 1,5 раза и улучшить структуру осадка.

Приготовляя электролит, компоненты растворяют в отдельных объемах воды и последовательно смешивают полученные растворы по рецепту.

7.3. ЭЛЕКТРОЛИТЫ ДЛЯ ПОКРЫТИЙ ЦИНКОМ И ЕГО СПЛАВАМИ

1. Цинкатный электролит. Едкий натр — 65—80; окись цинка — 4—8; станнат натрия — 0,2—0,5 (или ацетат свинца — 0,05 г/л). t=45—55° С; $D_к$=0,5—1,2 А/дм².

2. Для цинкового покрытия с 0,06—2,5% Р. Аммония сульфат — 20; окись цинка—30—50; фосфорная кислота (ρ=1,75)—200—300. t=20—22° С; $D_к$=6—15 А/дм²; Q=60 мкм/ч.

Светлые осадки, повышенная коррозионная стойкость.

3. Высокоскоростное нанесение цинковых покрытий из солевого расплава (% мол.). Цинк хлористый — 31,5; калий хлористый—68,5; алюминий хлористый — 1—2% сверх 100%. $D_к$=400—600 А/дм²; $D_а$=50—150 А/дм². Анод — жидкий цинк, скорость в 200—300 раз выше, чем из водных электролитов. Часть KCl можно заменить NaCl и работать при 300° С. Осадок получается неоплавленным.

4. Цинкование высокопрочных сталей из расплавов. Хлористый цинк — 58—64; хлористый калий — 16—18; хлористый алюминий—4—6; хлористый натрий—16—18. Соли предварительно обезвоживают при 250° С в течение 2—3 ч, затем составляют смесь и сплавляют ее. Электролиз ведут при t= =240—260° и $D_к$=100—200 А/дм². Анод — цинковые пластины.

Расплав отличается высокой рассеивающей способностью и обеспечивает получение высококачественных цинковых покрытий.

5. Осаждение сплава цинк — кадмий. Сернокислый цинк — 100—150; сернокислый кадмий — 10—18; сернокислый никель—3—5; сернокислый аммоний — 200—250; полиэтиленполиамин — 150—200. рН=7,0—10,0; t=20±5° С и $D_к$=0,1—30 А/дм².

Аноды — сплав цинка (73—80%) и кадмия (20—27%). В процессе электролиза происходит осаждение сплава цинк — кадмий — никель. Содержание компонентов сплава (%) зависит от $D_к$ (А/дм²).

	Кадмий	Никель	Цинк
$D_к$=0,1	80,5	0,5	19
$D_к$=5,0	58,7	1,6	39,7
$D_к$=30,0	20,3	2,1	76,6

Полученный сплав обладает высокой коррозионной стойкостью, не требует дополнительного защитного покрытия. Осадки сплава имеют блестящую поверхность; при толщине свыше 2 мкм — практически беспористы. Покрытие сложнопрофилированных изделий рекомендуется проводить при $D_к$=1—5 А/дм².

8. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ КАДМИРОВАНИЯ

Нанесение кадмиевых покрытий на поверхность металлов преследует в основном ту же цель, что и нанесение цинковых покрытий — придание повышенной устойчивости против коррозии, иногда — улучшение внешнего вида.

Составы и режимы применения некоторых наиболее распространенных типов электролитов для кадмирования приводятся ниже.

Электрохимическое кадмирование (г/л).

1. Аммоний сернокислый —200; аммония хлорид — 10; кадмия окись — 30; уротропин — 100. рН=7—7,5; t=18—25° С; $D_к$=1,2—1,6 А/дм²; $D_а$=3—4 А/дм².

2. Алюминий сернокислый — 25—30; аммоний сернокислый — 30—35; кадмий сернокислый — 60—65; столярный клей — 0,5—0,7.

3. Аммоний сернокислый — 300; борная кислота — 20; клей столярный — 2; кадмия окись — 30.

4. Желатина или клей столярный — 5—8; кадмий сернокислый — 50—100; натрий сернокислый — 50—70; серная кислота — 10—20; фенол — 8—10. t=18—30° С; $D_к$=5—10 А/дм².

5. Аммоний хлористый — 230—280; кадмий хлористый — 40—50; клей столярный — 1—2; этиленгликоль — 30—40.

6. Алюминий сернокислый — 25—30; аммоний сернокислый—30—35; желатина—0,5—0,7; кадмий сернокислый — 60—65. рН=3,5—4,5; t=18—25° С; $D_к$=0,5—1,0 А/дм²; $\eta_к$=30%.

7. Аммоний сернокислый — 250; декстрин — 3; кадмия окись — 40; тиомочевина — 3. рН=6,3—6,8; t=20—40° С; $D_к$=1,5—2 А/дм²; $D_а$=6 А/дм²; $\eta_к$=100%.

8. Аммоний сернокислый — 300; борная кислота — 20; кадмия окись — 30—40; клей столярный — 2. рН=18—25° С; $D_к$=0,7—1,0 А/дм².

9. Желатина — 0,5—1; кадмий сернокислый — 13—26; калия пирофосфат — 100—200; этилендиамин 20%-ный — 15—40 мл/л. рН=11—12; t=60—80° С; $D_к$=0,5—1,0 А/дм²; $\eta_к$=100%.

10. Желатина — 5; кадмий сернокислый — 50—70; натрий сернокислый — 40—60; парафенилендиамин — 2; серная кислота (1,84) — 40. t=18—25° С; $D_к$=2—4 А/дм².

11. Аммоний хлористый —180; кадмия хлорид — 80; клей столярный — 1; моноэтаноламин — 400. рН=8—9; t=18—25° С; $D_к$=1,0 А/дм².

12. Кадмия окись—40—45; едкий натр—15—20; натрий сернокислый — 40—50; натрий цианистый — 150—175; никель серно-

кислый — 1—1,5; сульфитный щелок — 8—10. $t=18-25^\circ$ С; $D_к=2-4$ А/дм².

13. Кадмия окись — 30; едкий натр — 10; натрий цианистый — 120; никель сернокислый — 2; сульфированное касторовое масло — 1. $t=18-25^\circ$ С; $D_к=1-2,5$ А/дм².

14. Кадмия окись — 45; натрий цианистый — 110; никель сернокислый — 0,25; триэтаноламин — 1—20 мл/л.

15. Кадмий сернокислый — 60—65; серная кислота—12—15; смачиватель СВ-1147—1,5—3,0. $t=18-25^\circ$ С; $D_к=1,5-3,0$ А/дм²; $\eta_к=90-95\%$.

		%	г/л
16.	Борфторид кадмия	50	800
	Кадмий (на металл)	19,6	313,6
	Свободная H_3BO_3	3	48
	Плотность, г/см³	—	1,6

17. Борфторид кадмия — 240; кадмий (на металл) — 60; борфторид аммония — 94; лакричный экстракт — 1 мл/л. pH=3—3,5; $t=21-38^\circ$ С; $D_к=3-6$ А/дм²; $U=4-6$ В; $\eta=100\%$. Аноды — Cd 99,89. Оптимально $S_к:S_а=1:2$. Свежие литые. Лакрица для осветления.

18. Кадмий сернокислый — 40—60; натрий сернокислый — 40—50; серная кислота — 40—55; фенол — 4—8; клей столярный — 6—7; β-нафтол — 0,25—0,35; алюминий бензойнокислый — 0,05—0,1; «Прогресс» — 0,05—0,1 мл/л.

19. (моль/л). Аммоний сернокислый — 0,9—0,8; борная кислота — 0,3—0,4; кадмий сернокислый—0,12—0,15; синтанол ДС-10—4—8 г/л. $t=18-25^\circ$ С; $D_к=0,3-1,3$ А/дм²; pH=2—3.

20. Бура — 25—30; кадмия окись — 10—12; натрия пирофосфат — 55—60; натрия хлорид — 15—25; трилон Б — 50—55. pH=10—12; $t=25-50^\circ$ С; $D_к=1-2$ А/дм²; $D_а=0,5$ А/дм²; $Q=30-36$ мкм/ч.

21. Аммоний сернокислый — 38; кадмий сернокислый — 128; клей столярный — 1—1,5; этилендиамин 20%-ный — 375 мл/л. pH=8—9; $t=18-25^\circ$ С; $D_к=1-1,5$ А/дм²; $Q=15-20$ мкм/ч.

22. Желатина — 10; кадмий сернокислый — 50; серная кислота (1,84) — 50; сульфонафталин — 5. $t=18-25^\circ$ С; $D_к=1,5-2$ А/дм².

23. Аммиак — до pH; аммония сульфосалицилат — 20—30; кадмия сульфосалицилат — 30—40; ОП-7 (ОП-10) — 1—2. pH=7,5—8,5; $t=18-20^\circ$ С; $D_к=0,5-2$ А/дм².

24. Кадмий сернокислый — 40—60; клей столярный—2,5—8,0; натрий сернокислый—10—50; ортооксихинолин — 2,5—5,0; серная кислота (1,84) — 50—100. $t=20-30^\circ$ С; $D_к=5-10$ А/дм²; $Q=60-72$ мкм/ч при $D_к=8$ А/дм².

25. Кадмий сернокислый — 65—130; калия пиросульфат — 100—150; полиэтиленполиамин — 150—180. $t=18-40^\circ$ С; $D_к=1-6$ А/дм²; $Q=60-90$ мкм/ч.

26. Алюминий сернокислый — 25—30; аммоний сернокислый — 25—40; кадмий сернокислый — 50—70; клей столярный — 0,5—1,0; присадка ВНИИСИНЖ-67 (диэтаноламиновая соль ундецилфосфиновой кислоты) — 0,05—0,15. $t=20-40^\circ$ С; $D_к=1-2$ А/дм²; $Q=48-96$ мкм/ч; $\eta_к=98-99,5\%$.

27. Блескообразователь ДЦУ — 10; кадмий сернокислый — 32—64; серная кислота (1,84) — 50—100. $t=18-25^\circ$ С; $D_к=4-5$ А/дм².

28. Алюминий сернокислый — 30; блескообразователь — 10; натрий сернокислый — 75; окись кадмия — 17; серная кислота — 22,5. $t=50-60^\circ$ С; $D_к=1-2$ А/дм².

29. Кадмий сернокислый — 40—60; серная кислота (1,84) — 50—80; кислая смолка — 20—40; экстракт кукурузы — 30—50, $t=20-35^\circ$ С; $D_к=4-10$ А/дм².

30. Кадмий сернокислый — 45—60; кислые смолки — 30—55; серная кислота — 20—50; экстракт крахмало-паточный — 10—15. $t=18-25^\circ$ С; $D_к=8-5$ А/дм².

31. Кадмий сернокислый — 50—60; кислота серная — 50; клей мездровый — 5—8; натрий сернокислый — 50; спирт этиловый — 5—10; фенол — 8—10. $t=18-25^\circ$ С; $D_к=7-10$ А/дм²; аноды — КД0 и КД1.

32. Борфторид аммония — 25—40; борфторид кадмия — 200—220; борфтористая кислота — 40—43; НДСК — 1—2. pH=3,2—3,6; $t=18-25^\circ$ С; $D_к=3-7$ А/дм².

33. Аммоний хлористый—200—250; кадмия хлорид — 40—50; клей столярный — 1—2; натрия хлорид — 30—40; тиомочевина — 0,5—1,5. pH=5,5; $t=20-40^\circ$ С; $D_к=0,8-2$ А/дм²; $Q=15-20$ мкм/ч; $\eta_к=96-98\%$.

34. Кадмия окись — 40—45; натрий сернокислый — 40—60; натрий цианистый — 90—120; никель сернокислый — 1—1,5; сульфированное касторовое масло — 8—12. $t=18-25^\circ$ С; $D_к=1-1,5$ А/дм².

35. Кадмия окись — 30; едкое кали — 10; калия цианид — 106; «Прогресс» — 2,5 мл/л; поташ — 14; сульфат α-нафтиламина — до насыщения. $t=18-20^\circ$ С; $D_к=1,8-3,5$ А/дм².

36. Гидразин сернокислый — 3—5; кадмий сернокислый — 35—45; едкое кали (натр едкий) — 80—100; полиэтиленполиамин — 20—30; трилон Б — 70—80;

37. Борфтористоводородный кадмий — 250—320; борфтористоводородное олово — 20—40; борфтористоводородный аммоний— 50—60; борная кислота — 10—15; клей столярный — 1—3; роданистый аммоний — 4—6.

38. Кадмий сернокислый — 100—200; полиэтиленполиамин — 130—140; $t=18-25^\circ$ С; $D_к=0,5$ А/дм².

Назначение составов (1)—(38):

1 — для кадмирования при повышенной плотности тока.

2, 3 — бесцианистые электролиты кадмирования.

4 — электролит повышенной производительности (2,5 мкм/мин) при $D_к=8$ А/дм². Для сложных деталей часть анодов — графитовая. После кадмирования осветление в растворе (г/л): азотная кислота — 20; серная кислота — 20; хромовый ангидрид—150. $t=15-25^\circ$ С; $\tau=3-5$ с.

5 — для предотвращения наводороживания основного металла.

6 — электролит кадмирования $\eta=30\%$.

7 — для кадмирования деталей сложных форм.

8 — для кадмирования деталей средней сложности.

9 — пирофосфатный электролит кадмирования.

10, 11 — электролиты кадмирования с органическими добавками.

12—14 — цианистые электролиты кадмирования (14 — толстослойные осадки, пластичные до 125 мкм).

15 — электролит кислого кадмирования, осадки при 5—7 мкм — беспористы.

16, 17 — для борфтористого кадмирования (16 — концентрат электролита; 17 — рабочий электролит).

18 — для получения мелкозернистых, полублестящих осадков кадмия.

Процесс ведут при $t=18—25°$ С и $D_к = 2—9$ А/дм². При электролизе желательно использовать кадмиевые и нерастворимые аноды с соотношением площадей (2 : 1) — (1 : 1). $\eta_к=70—80\%$. $\eta_к$ на кадмиевых анодах близок к 100%. Хорошее сцепление со сталью.

19 — мелкокристаллические осадки. Хорошая рассеивающая способность.

20 — для полублестящего мелкокристаллического кадмирования.

21 — этилендиаминовый электролит кадмирования.

22 — для мелкозернистого кадмирования.

23 — для мелкокристаллического кадмирования. Качество осадка и рассеивающая способность такие же, как у цианистого электролита.

24 — для мелкозернистого блестящего кадмирования. Ортооксихинолин вводят после серной кислоты.

25 — для мелкозернистого блестящего кадмирования. Механическое перемешивание. $Q=60—90$ мкм/ч при $D_к=10$ А/дм²; 10—40 мкм/ч — при 1—5 А/дм². Электролит готовят растворением компонентов в отдельных порциях дистиллированной воды, при этом калий пиросернокислый растворяют в воде, нагретой до 60—80° С. Растворы солей осаждаемых металлов медленно, при перемешивании приливают к растворам полиэтиленполиамина, не допуская разогрева раствора. Раствор калия пиросернокислого добавляют в последнюю очередь. Объем электролита доводят до расчетного и фильтруют в ванну осаждения. Оптимальное значение pH, при котором достигается максимальная скорость образования покрытий, — 6—8. Величина pH поддерживается добавлением серной кислоты ($\rho=1,84$). Корректирование pH раствора в сторону его увеличения осуществляется добавлением полиэтиленполиамина.

26 — для мелкозернистого беспористого светлого кадмирования.

27 — для блестящего кадмирования. Рекомендуется реверс тока: (10 : 1) — (3 : 1).

28 — для кислого кадмирования. После кадмирования пассивируют в растворе: CrO_3 — 100 г/л, H_2SO_4 — 2 г/л в течение 2—6 с.

29 — для блестящего кадмирования. Без перемешивания. Аноды сменные — растворимые и нерастворимые, для предотвращения накопления кадмия.

30 — для блестящего кадмирования.

31 — для блестящего фенольного кадмирования стали. После кадмирования — промывка в холодной воде, осветление в растворе (г/л): серная кислота — 3—4; хромовый ангидрид — 150. Промывка в холодной воде, пассивирование в растворе (г/л): натрия бихромат — 15—25; серная кислота — 10—20. Промывка холодной водой, сушка сжатым воздухом.

32 — для борфтористого кислого кадмирования. Для блеска добавляют ОП-10 и ДЦУ. Зеркальные осадки при $D_к=4$ А/дм².

33 — для блестящего мелкозернистого кадмирования.

34 — для блестящего цианистого кадмирования.

35, 36 — щелочные электролиты для блестящего кадмирования (35 — рекомендуется реверс тока: $\tau_к=15$ с; $\tau_а=3$ с. 36 — повышенная рассеивающая способность).

37 — стабильный электролит для осаждения сплава кадмий — олово; процесс осуществляют при pH=1,8—2,2; $t=15—30°$ С; $D_к=1—3$ А/дм². Аноды сплавные: 30% олова и 70% кадмия. Отношение поверхностей анода и катода составляет 1 : (0,5—2). При увеличении $D_к$ от 0,5 до 3 А/дм² и концентрации олова в электролите от 20 до 32 г/л содержание олова в осадке изменяется соответственно от 36 до 19% и от 22 до 32%.

38 — для полублестящего кадмирования. Блеск создается после обработки осветлителем.

9. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ЛАТУНИРОВАНИЯ

(г/л)

1. Аммиак (25%-ный раствор) — 1; натрий цианистый (своб.) — 10; соль Шевреля — 40—55; окись цинка — 6—7. pH = 10,5—11,5; $t=25—30°$ С; $D_к=0,4$ А/дм²; $D_а=0,2$ А/дм².

2. Натрия бисульфит — 10; натрий цианистый (своб.) — 15; соль Шевреля — 20; окись цинка — 20. $t=30—40°$ С; $D_к=0,3—0,4$ А/дм².

3. Натр едкий — 45—75; натрий цианистый (своб.) — 4—19; натрий цианистый (общий) — 90—135; медь цианистая — 75—105; цинк (окись) — 3—9; цинк цианистый — 45—75. $t=75—95°$ С; $D_к=2,5—5,5$ А/дм².

4. Натр едкий—4; натрий углекислый—35; натрий цианистый (своб.) — 22—25; натрий цианистый (общий) — 105; медь цианистая — 25; цинк цианистый — 35. $t=60—70°$ С; $D_к=1—1,5$ А/дм²; $\tau_к=10$ с; $\tau_а=1$ с.

5. Борная кислота — 4—8; натрия пирофосфат — 60; натрий углекислый — 60; медь сернокислая — 2; цинк сернокислый — 1,5. $t<25°$ С; $D_к=1—1,5$ А/дм².

6. Медь углекислая — 15; натрий углекислый — 20; трилон Б — 120; цинк угле-

кислый — 15. t=18—25° С; $D_к$=0,8—1,5 А/дм².

7. Аммония сульфат — 43—35; желатина — 0,5—0,2; кадмия сульфат — 1,9—0,8; медь сернокислая — 20—17; натрия сульфат — 10—8; цинк сернокислый — 40—33; этилендиамин — 30—24 мл.

8. Аммиак — 1,5; медь цианистая — 20; натрий углекислый — 15; натрий цианистый (общ.) — 40; цинк цианистый — 20. pH=10—11,5; t=22—28° С; $S_к : S_а$=1 : 2÷2 : 3.

9. Медь цианистая — 40; натр едкий — 10; натрий цианистый (общий) — 80; цинк цианистый — 42. pH=11,5—12,5; $S_а : S_к$=3 : 1.

10. Медь-калия цианид — 50; едкий натр — 60; натрий цианистый (общ.) — 40; натрий сернистый — 1; цинк цианистый — 60. t=20—30° С; $D_к$=1—3 А/дм².

11. Аммония хлорид — 2; калий цианистый — 15; натрия бисульфит — 2; натрий углекислый — 10. t=20° С; $D_к$=0,1—0,2 А/дм²; $S_а : S_к$=2 : 1.

12. Кислый фосфат натрия — 18—20; медь сернокислая — 11—13; натрия триполифосфат — 224—230; цинк сернокислый — 40—46. pH=7,4—8,0; t=30—40° С; $D_к$=0,8—1,2 А/дм².

13. Медь сернокислая — 2,5—6; родамин — 0,1—0,2; сахарин — 0,8—1,0; серная кислота — 50—100; цинк сернокислый—90—100. Электролит стабилен и работает быстро.

14. (мл/л). Аммиак 28%-ный — 5—12,5; медь цианистая — 52,5; натрий углекислый — 30; натрий цианистый (своб.) — 7,5; натрий цианистый (общ.) — 90; сегнетова соль — 45; цинк цианистый—30. pH=10,3—10,7; t=45—60° С; $D_к$=0,5—3,5 А/дм²; $S_а : S_к$=2 : 1. Аноды Cu : Zn=80 : 20.

15. Борная кислота — 10; медь сернокислая — 12,5; натрия триполифосфат — 240—250; пептон — 0,5—1,0; цинк сернокислый — 43. pH=7,4; t=35—40° С; $D_к$=0,8—1,2 А/дм²; $D_а$=0,25—0,4 А/дм². Аноды — Л62.

16. Медь сернокислая — 16; цинк сернокислый — 50; пирофосфат калия — 230; β-нафтол — 0,2; желатина — 1; пирофосфат калия (своб.) — 32; двузамещенный фосфат калия — 30; сегнетова соль — 5; тимол — 1; дифениламин—0,2. $D_к$=2,5—3 А/дм²; pH=9; толщина — до 250 мкм.

17. Сернокислая медь — 16; сернокислый цинк — 75; сульфат аммония — 50; полиэтиленполиамин — 100. pH=8,6—9. Перемешивание.

18. Медь сернокислая — 30; олово сернокислое— 35; фенолсульфоновая кислота—80. Аноды — сплав Cu 50% + Zn 50%.

19. Сернокислая медь — 15—18; сернокислый цинк — 75—80; сернокислый аммоний — 40—50; полиэтиленполиамин — 100—120. pH=8—9; t=18—25° С; $D_к$=6—8 А/дм². Аноды — Л90.

20. Цинк сернокислый — 55—60; медь сернокислая — 5—10; пирофосфат калия — 240—250; сульфосалициловокислый натрий — 28—33. pH=8,9—9,2; t=18—25° С; $D_к$=0,5—1 А/дм² (оптимально — 0,6—0,7 А/дм²). Аноды — Л68.

Назначение электролитов (1)—(20) для латунирования:

1—4 — цианистые электролиты. [Приготовление соли Шевреля (на 10 г/л меди в электролите): отдельно растворяют сернокислую медь (70 г/л) и сульфит натрия (126 г/л). Вливают соль меди в сульфит. Выпадает коричнево-красный осадок соли Шевреля. После отстоя промывают 2—3 раза теплой водой. Отдельно растворяют цианистый натрий (65 г/л) и соду (25 г/л). Вливают раствор соды в соль Шевреля, затем раствор цианистого натрия. Осадок полностью растворяется; 3 — электролит скоростного латунирования. В осадке 75% меди. Сульфаты меди и цинка растворяют вместе. Осаждают углекислым натрием карбонаты меди и цинка. Декантируют. К осадку доливают воду, добавляют сульфит натрия, затем раствор цианистого калия. Прорабатывают током 10—12 ч; 4 — дает полублестящие осадки с пониженной пористостью и повышенной коррозионной устойчивостью].

5 — пирофосфатный электролит для подслоя и других технических целей. Декоративного вида не дает.

6 — декоративных осадков не дает.

7 — применять соли марки ХЧ и дистиллированную воду. Для зеркально-блестящих осадков добавлять 1 г/л дисульфонафталиновой кислоты. pH=8,36—7,88; t=17—30° С; $D_к$=0,75—1,25 А/дм²; $D_а$=0,2—0,3 А/дм²; $S_а : S_к$=4 : 1. Электролит готовят из трех растворов (А, Б, В):

	А	Б	В
Аммоний сернокислый	60	100	80
Кадмий сернокислый	—	—	128
Медь сернокислая	125	—	—
Натрий сернокислый	60	—	—
Цинк сернокислый	—	124	—
Этилендиамин (20%-ный), мл	300	300	375
pH	8,9—9,4	8,1—8,5	9—9,3

(А) — в 250 мл воды (70—80° С) растворяют соль меди, охлаждают до 30—35° С, вводят этилендиамин. Через 10 мин при 30—35° С добавляют сульфит натрия в 150 мл воды. Отдельно растворяют сульфат аммония в 150 мл воды. Вводят в электролит и доводят до 1 л.

(Б) — в 150 мл воды (60—70° С) растворяют соль цинка, сульфат аммония; этилендиамин приливают после охлаждения до 30—35° С.

(В) — в 150 мл воды (60—70°) растворяют соль кадмия, сульфат аммония; после охлаждения до 30—35° С вводят этилендиамин.

Для приготовления рабочего раствора смешивают 1 объем (А) и 2 объема (Б). Разбавляют 3 объемами воды, добавляют 15 мл/л (В) и 0,5 г/л желатины, предварительно набухшей в воде (1 : 20) и рас-

творенной при 60—65° С на водяной бане. Аноды — катаная латунь Л62 или Л68.

8 — для тонкослойного блестящего латунирования. Блескообразователи: 0,001—0,01 мышьяковистого ангидрида в едком натре; 0,01 декстрина в горячей воде; 0,3—0,5 фенола в едком натре; 0,5—1 крезолсульфоната натрия.

9 — для быстрого латунирования.

10 — белый, твердый, износостойкий осадок (20—30% меди, 80—70% цинка).

11 — для декоративного осадка томпака (~80% меди).

12 — плотные мелкокристаллические осадки. Соли растворяют отдельно в половине объема воды при 50—60° С. При помешивании к триполифосфату небольшими порциями добавляют соли цинка и меди. pH=7,4—8; t=30—40° С; $D_к$=0,8—1,2 А/дм^2.

13 — для осаждения сплава медь—цинк. Стабилен. Электролит работает быстро.

14 — цианистый электролит латунирования.

15 — для покрытия стали латунью с 60—70% Cu. Аноды —латунь Л62.

16 — для покрытия сплавом 75—71% Cu и 25—29% Zn; толщина — до 250 мкм.

17 — для покрытия сплавом типа томпака (88—96% Cu; 12—14% Zn).

18 — для бронзового покрытия. Перемешивание механическое. В электролите допустимо не более 0,05 г/л солей железа.

19. Для приготовления электролита вначале получают отдельно полиэтилендиаминовые комплексы меди и цинка. Затем растворы смешивают и добавляют раствор сернокислого аммония. Состав доводят до расчетного объема и фильтруют. Толщина осадка — 50—100 мкм. В сплаве 10—12% Zn.

20. Осадки блестящие, обладают прочным сцеплением со сталью. Скорость осаждения сплава 5—7 мкм/ч, аноды — латунь Л68 или Л70. Для получения блестящих осадков сплава типа томпака (90—92% Cu) следует увеличить содержание Cu в электролите до 8—10 г/л.

Электролит не требует предварительной проработки и устойчив в эксплуатации.

10. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ОЛОВОМ И ЕГО СПЛАВАМИ

Как гальваническое, так и горячее (из расплавов) нанесение оловянных покрытий (лужение) — один из массово применяемых способов защиты поверхности черных и цветных металлов от коррозии или подготовки их к соединению пайкой мягкими припоями. Основные типы применяемых электролитов — кислые, щелочные, цианистые.

Некоторые составы их приводятся ниже.

Электролиты для нанесения оловянных покрытий (г/л). 1. Кислота серная —40—70; клей столярный — 2—3; олово сернокислое — 40—50; фенол или сульфокрезол — 3—8; t=18—20° С; $D_к$=1—2 А/дм^2.

2. Кислота соляная — 0,5—1,0; натрий фтористый — 50—60; натрий хлористый — 5—7; олово двухлористое — 40—45; желатина — 1—2.

3. Кислота серная — 18—20; крахмал — 1; олово сернокислое — 54; трилон Б — 1—10; фенолсульфокислота — 100.

4. Борная кислота — 10; кислота соляная — 3—4; натрий фтористый — 38; олово двухлористое — 56; трилон Б — 1—25; фенол — 4,7.

5. Олово сернокислое — 40—60; пиротахин — 0,1—0,5; серная кислота — 45—100; смачиватель ОП-7 или ОП-10 — 0,25—2,0; трилон Б — 1—10.

6. Олово сернокислое — 50; серная кислота — 80; столярный клей — 1—2; эмульгатор ОП-10 — 2—5. t=18—20° С; $D_к$=0,8 А/дм^2.

7. Кислота серная — 100; клей — 2,5; крезол или фенол — 25; олово сернокислое — 54. t=20° С; $D_к$=2—5 А/дм^2.

8. Желатина — 2; кислота серная — 80; олово сернокислое — 50; сульфокрезол—90. t=30° С; $D_к$=3 А/дм^2.

9. Борфторид олова — 200; олово (*на металл) — 81; своб.* HBF_4 *— 100; желатина* — 6; β-нафтол — 1. pH=0,2; t=21—38° С; $D_к$=2,5—12,5 А/дм^2 — обычное; 25—43 — скоростное; U=1—3 В; η=100%.

10. Фенолсульфоновая кислота—50—60; сернокислое олово (на металл) — 30—40; дигидрооксидифенилсульфон—4—6; монобутилфенилфенолсульфонат натрия — 0,1—0,4.

11. Олово двухлористое — 75; соляная кислота — 36; желатина — 1; фтористый натрий — 25; фтористый калий — 50; хлористый натрий — 45; добавки (нафтолсульфоновая кислота или окислы полиалкилов) — 1—2. t=65° С; pH=2,7; $D_к$ — до 50 А/дм^2.

12. β-нафтол — 0,8—1,0; борная кислота — 20—25; кислота фторборная — 45—50; олово фторборное — 200—220. t=18—40° С; $D_к$=4—5 А/дм^2; $S_а : S_к$=2 : 1; U=1—3 В.

13. Едкий натр — 8—15; станнат натрия — 50—100. t=70—80° С; $D_к$=1,5—2 А/дм^2; η=65—70%.

14. Едкий натр — 7,5; натрий уксуснокислый — 15; пергидроль или перборат — 0,5; станнат натрия — 120. t=60—80° С; $D_к$=1—2,5 А/дм^2; η=65—70%.

15. Едкий натр — 15; натрий уксуснокислый — 23; пергидроль или перборат — 0,5; станнат натрия — 150. t=60—80° С; $D_к$=1—2,5 А/дм^2; η=65—70%.

16. Едкое кали — 20—25; станнат калия (на олово) — 75—80; t=80—90° С; $D_к$=6—10 А/дм^2; η=80%.

17. Едкий натр — 0,5; станнат натрия — 106. t=60—80° С; $D_к$=0,6—3 А/дм^2.

18. Едкий натр — 60—120; олово сернокислое — 10—100; полиэтиленполиамин — 0,25—0,5. t=70—90° С; $D_к$=1—4 А/дм^2.

19. Электролит для щелочного лужения. Едкий натр — 8—15; натрий уксуснокислый — 20—30; станнат натрия — 50—100. t=65—70° С; $D_к$=2—4 А/дм^2.

20. Клей столярный — 3; олово двухлористое — 60; пирофосфат натрия — 200; трилон Б — 25. pH=7,5—8,5; t=70—80° С; $D_к$=1—6 А/дм^2; $D_а$=1 А/дм^2.

	21	22	23
Декстрин	10	10	10
Желатина	1	—	—
Олово (металл)	32	41	41
Пирофосфат натрия ($10H_2O$)	164	154	—
Пирофосфат калия ($3H_2O$)	—	—	154

(21) — t=60—80° С; pH=9; (22), (23)— t=60° С; pH=9,5.

24. Аммоний хлористый — 20—50; декстрин — 5—15; желатина — 0,5—10; кислота лимонная—100—150; едкий натр—до pH= =4,2—4,6; олово двухлористое — 75—125. pH=4,2—4,6; t=50—80° С; $D_а$=1,4—2,5 А/дм²; $D_к$=1—5 А/дм².

25. Кислота соляная — 5—30; натрий фтористый — 40—60; оксанол ГН-12 — 0,5—5,0; олово двухлористое—40—60. pH=2,5—5; t=20—50° С; $D_к$=0,5—5 А/дм² (при перемешивании — до 40 А/дм²); η=100%.

26. Кислота соляная — 50—30; натрий фтористый — 40—60; оксанол О-18 — 0,5—5,0; олово двухлористое ($2H_2O$) — 40—60. pH=2,5—5; t=20—50° С; $D_к$=0,5—40 А/дм²; η=90—100%.

27. Аммоний хлористый — 70—90; калий йодистый—0,5—1,0; калия триполифосфат—700—720; олово двухлористое — 100—120; пептон — 2—3. pH=7,5—8,5; t=18—60° С; $D_к$=1—10 А/дм²; η=64%.

28. Желатина — 1; трилон Б — 75; олово двухлористое — 30; сегнетова соль — 55. pH=8—9,5; $D_к$=0,5—1 А/дм²; $D_а$= =1 А/дм²; $\eta_к$=92%; $\eta_а$=100%.

29. Желатина—1; олово двухлористое—65; сегнетова соль — 85; трилон Б — 130. pH=8—9,5; $D_к$=1—2 А/дм²; $D_а$=1 А/дм²; $\eta_к$=95%; $\eta_а$=100%.

30. Желатина—1; олово двухлористое—80; сегнетова соль — 120; трилон Б — 180. pH=8—9,5; $D_к$=1—2,5 А/дм²; $D_а$=1 А/дм²; $\eta_к$=98%; $\eta_а$=100%.

31. Сернокислое олово — 25—60; серная кислота — 80—100; ортокрезол — 10—15; 1,4-бутиндиол 40%-ный — 3—80 мл; клей столярный — 1—2. t=18—25° С; $D_к$=1—5 А/дм². Перемешивание.

32. Сернокислое олово — 50; серная кислота — 90; ортокрезол — 10; 1,4-бутиндиол 40%-ный — 30 мл/л; клей столярный — 1.

33. Олово сернокислое — 54; серная кислота — 100; фенол — 30; клей столярный — 2; камфора — 0,2; формалин — 0,6; фурфурол — 0,04. $D_к$=4—7 А/дм², при перемешивании.

34. Олово двухлористое — 100; аммоний хлористый — 100; соляная кислота—100 мл; деготь — 8; октиловый спирт — 7,2—10,1. t=30° С; $D_к$=2—10 А/дм².

35. Бутиндиол 35%-ный — 3—8 мл/л; выравниватель ВА-20 — 2—5; олово сернокислое —25—50; пропаргиловый спирт — 3—8 мл/л; серная кислота — 80—100; фурфурол 5%-ный — 1—3 мл/л. t=18—25° С; $D_к$=0,8—8 А/дм².

36. Бутиленгликоль-1,4 40%-ный — 15—50 мл/л; клей столярный — 1—2; олово сернокислое — 25—60; ортокрезол — 10—15; серная кислота — 80—100. t=18—25° С; $D_к$=1,5—4,5 А/дм². Интенсивное перемешивание.

37. Олово сернокислое — 100; продукты перегонки (при 180—310° С) древесного дегтя — 8; серная кислота — 100; сульфированный октиловый спирт — 10. t=18—25° С; $D_к$=3—4 А/дм²; перемешивание или качание штанг.

38. Древесносмоляное масло — 8—10 мл/л; серная кислота — 140—160; олово сернокислое — 80—100; «Прогресс» — 5—3 мл/л. t=15—30° С; $D_к$=3—6 А/дм²; η=100%.

39. Фтороборная кислота — 40; станнат натрия — 40. t=90° С; $D_к$=100 А/дм².

40. Борная кислота — 25; олово фтороборное (51%) — 52 Sn^{2+}; пептон—5; свинец фтороборный (51%) — 180 мл/л; фтороборная кислота (49%)—150 мл/л. $D_к$=3 А/дм²; t=18—20° С. Аноды: 60% Sn + 40% Pb.

41. Олово сернокислое (II) — 30; осветлитель органический — 100 мл/л; серная кислота — 105 мл/л.

42. Двухлористое олово (безводное) — 80; калий хлористый — 20. t=320—340° С; $D_к$=300 А/дм²; η=100%.

Назначения составов (1)—(42): Кислые электролиты лужения: 1 — сульфокрезол получают, нагревая 1 ч. крезола с 2 ч. серной кислоты (1,84) при 110° С — 2 ч.

2 — для улучшения качества осадка при $D_к$=2—5 А/дм² и t=18—35° С рекомендуется реверсирование тока: $\tau_а$=8 с; $\tau_к$=1 с.

3, 4 — электролиты повышенной стабильности. Режимы, как в (1), (2).

5 — сульфатный электролит лужения. Сточные воды легче обезвреживаются, чем у электролитов с фенолом.

6 — для лужения стальных и медных деталей. Стабилен, хорошая рассеивающая способность.

7, 8 — для кислого лужения.

9 — борфтористый электролит.

10—12 — кислые электролиты для скоростного лужения (10 — для скоростного лужения стальной полосы; электролит дает беспористые осадки. Работа при t=35—55° С и $D_к$=30—32 А/дм² при интенсивном перемешивании; 11 — для скоростного лужения стальной полосы. Интенсивное перемешивание; 12 — для скоростного лужения. При перемешивании $D_к$—до 12 А/дм². Осадки светлые, мелкокристаллические).

13—19 — щелочные электролиты лужения. Электролит готовят, растворяя олово в растворе 35—45 г/л едкого натра. (13 — для предотвращения образования Sn аноды формируют при 4 А/дм² до зелено-золотистой пленки. Растворимые Sn-аноды перемешивают с нерастворимыми Fe-анодами по площади 5 : 3. Отношение $S_а : S_к$=3 : 1; 14 — для щелочного лужения в стационарных ваннах; 15 — для лужения в барабанах; 16 — для интенсифицированного лужения. Электролит готовят, анодно растворяя олово в 60—70%-ном растворе едкого кали; 17 — станнатный электролит лужения. Для предотвращения грубых осадков добавлять немного пергидроля или пербората; 18 — для лужения перед пайкой; 19 — для щелочного лужения).

20—23 — пирофосфатные электролиты.

24—30 — электролиты для получения мелкозернистых осадков олова (24 — плотные мелкокристаллические осадки); η_a = =75—100%; $\eta_к$=100%. В воде растворяют отдельно олово хлористое и лимонную кислоту. Сливают вместе, добавляют хлорид аммония, при перемешивании доводят щелочью до pH=4. Добавляют набухшую (1 ч.) желатину и раствор декстрина. Доводят до нужного объема и pH=4,5; 25 — для полублестящих мелкокристаллических осадков; 26 — для мелкокристаллических осадков. Покрытие при 5 мкм практически беспористо. Работоспособность: с 2 г/л оксанола О-18 — 300 А·ч/л; η=90—100%; применим для лужения деталей сложного профиля; 27 — стабильный электролит лужения. Осаждается 22 мкм за 20 мин; 28—30 — для полублестящего светлого лужения).

Для составов (28—30) трилон Б и сегнетову соль растворяют в воде при 40—50° С, затем при непрерывном перемешивании вводят хлористое олово и раствором едкой щелочи доводят pH до 8,0—9,5. Затем вводят раствор желатины и фильтруют.

31—38 — электролиты блестящего лужения [31 — диапазоны содержания компонентов в электролитах блестящего лужения; 32 — вариант электролита на базе состава 31. Процесс ведут при перемешивании, t=18—25° С и $D_к$=1—5 А/дм². Полученные покрытия обладают зеркальным блеском с высокой степенью выравнивания; 35, 36 — зеркально-блестящие осадки олова; 37 — электролит с дегтевой добавкой; 38 — используется в качестве древесносмоляного масла. Масло флотационное (ТУ 757—57) или креозотовое (ТУ 750—57). Эмульсию масла и моющего средства «Прогресс» вводят в раствор соли олова].

39—42 — различные электролиты лужения [39 — станнатно-фтороборный электролит; 40, 41 — составы первого (40) и второго (41) слоев при лужении печатных схем. Последовательность лужения печатных схем: промывка в карбамидном очищающем растворе для меди — 1 мин; активация в персульфате аммония — 1 мин; декапирование в серной кислоте — 1 мин; покрытие Pb—Sn из состава (40) — 1 мин; промывка 25%-ной HCl — 15 с; покрытие Sn из состава (41) — затяжка 30 с при 4,5 А/дм², затем 1,5 А/дм²; промывка 2%-ной HCl; сушка, промывка водой после каждой операции. 40 — непрерывная фильтрация, встряхивание катодов; 41 — аноды — олово в чехлах, катоды — встряхивание; $D_к$=1,5 А/дм²; фильтрация непрерывная; 42 — высокоскоростное лужение из солевых расплавов. Анод — расплавленное олово. Слой при механизированном нанесении (от 3 до 14 мкм) — регулируем].

Составы для осаждения различных сплавов олова (г/л).
1. Аммоний хлористый—120; гидразин сернокислый — 12; декстрин — 10; желатина — 1; лимонная кислота — 95; олово сернокислое — 75; цинк сернокислый — 25. $D_к$=4—7 А/дм².

2. Аммоний хлористый — 100; гидразин сернокислый — 10; декстрин — 10; желатина — 1; лимонная кислота — 65; олово сернокислое — 53; цинк сернокислый — 25. pH=4,5; t=60—70° С; $D_к$=3—7 А/дм².

3. Гидразин сернокислый — 2—6; желатина — 0,5—1,0; калия пирофосфат — 150—230; олово хлористое — 12—18; цинк сернокислый — 25—38; этилендиамин 20%-ный — 1—3. t=40—70° С; pH=8,5—9,0; переменный ток D=1—10 А/дм²; постоянный ток $D_к$=0,5—10 А/дм². Аноды раздельные — цинк, олово.

4. Аммоний хлористый — 240; желатина — 0,5; лимонная кислота — 56; олово сернокислое — 24; цинк сернокислый — 120. $D_к$=2 А/дм².

5. Олово двухлористое — 28—40; калия пирофосфат — 140—150; окись цинка — 5—6; аммоний хлористый — 100—110; желатина — 0,5—1,0; гидразин сернокислый — 5—10; этилендиамин (50%-ный водный раствор) — 2—4 мл/л; «Прогресс» — 1—3 мл/л. $D_к$=1,5 А/дм²; pH=7,5—8,5; t=18—25° С.

6. Аммоний хлористый — 200—250; глицерин — 12—18; кадмия окись — 4,8—6,0; кадмия хлорид — 32—40; клей столярный — 8—10; олово хлористое — 4,3—5,0. pH= =0,9—1,0; t=20—25° С; $D_к$=0,5—1,5 А/дм².

7. Кадмий сернокислый — 30—40; олово сернокислое — 30—40; серная кислота — 90—100; эмульгатор ОП-10 — 1—2. t=18—25° С; $D_к$=1—2 А/дм².

8. Меди цианид — 7,5—8,5; едкий натр (своб.) — 14—16; натрия цианид (своб.) — 16—18; станнат натрия — 38—42. t=65° С; $D_к$=1,5—2,5 А/дм².

9. Едкое кали — 7—8; калия ферицианид — 60—120; меди сульфат — 25—50; натрия ацетат — 10—15; поташ — 50—100; станнат натрия — 70—140. pH=11,5—12,5; t=65—70° С; $D_к$=2—3 А/дм².

10. Медь сернокислая — 30; олово сернокислое — 35; п-фенолсульфоновая кислота 80%-ная — 80.

11. Калия нитрит — 5—17; калия пирофосфат — 170—240; меди пирофосфат — 15—35; станнат натрия — 20—35. pH=10—11; t=40—60° С; $D_к$=0,8—5 А/дм².

12. Никель хлористый — 300—350; олово двухлористое — 45—50; аммоний фтористый — 60—65; хлоралгидрат — 0,5—2,0. pH=4—4,5; t=52—55° С; $D_к$=0,5—4 А/дм². Аноды никелевые.

13. Никель хлористый — 300—350; олово двухлористое — 45—50; аммоний фтористый — 60—65; 8-хинолинсульфокислота — 1,5—2. pH=4—4,5; t=52—55° С; $D_к$= =0,5—4 А/дм². Аноды никелевые.

14. Висмута нитрат — 0,5—0,8; олово сернокислое — 50—55; ОС-20 — 2—5; серная кислота — 95—105. t=20—25° С; $D_к$= =0,5—2 А/дм².

15. Висмута нитрат — 0,5—0,8; клей столярный — 0,5; натрия хлорид — 0,2—0,8; олово сернокислое — 40—60; ОП-10 — 2—5 мл/л; серная кислота — 100—110. t= =20—30° С; $D_к$=1—3 А/дм².

16. Висмут азотнокислый — 0,5—5,0; 4,4-диамино-3,3-диметоксидифенилметан — 2—5; олово сернокислое — 45—55; препарат

ОС-20 — 2—5; серная кислота — 95—105. t=18—20° С; $D_к$=0,5—4 А/дм².

17. Висмута сульфат — 0,5—0,8; олово сернокислое — 40—50; ОП-7 — 15—25; серная кислота — 120—140 мл; формалин — 5—10 мл/л. t=20—30° С; $D_к$=1—3 А/дм². Добавки блескообразователей — 5—10 г/л.

18. Олово сернокислое — 40—60; кислота серная — 100—110; висмут азотнокислый — 0,5—0,8; натрий хлористый — 0,2—0,8; ОП-10 или «Прогресс» — 2—5 мл; клей мездровый — 0,5. t=20—25° С; $D_к$=0,5—1 А/дм² (первые 10 с—1—2 А/дм²); Q=1 мкм за 4,5 мин при 0,5 А/дм². Аноды — олово.

19. Олово двухлористое (двуводное) — 50—60; висмут азотнокислый — 0,5—1,0; серная кислота (1,84) — 75—100; аммоний хлористый—50—100; полиэтиленполиамин—2—10. t=18—25° С; $D_к$=0,8—2,0 А/дм².

20. Олово двухлористое ($2H_2O$) — 50—60; висмут азотнокислый — 0,5—1; серная кислота (1,84) — 75—100; аммоний хлористый — 50—100; полиэтиленполиамин — 2—10. t=18—25° С; $D_к$=0,8—2 А/дм².

21. Желатина — 1—2; кобальт хлористый — 2—10; натрий хлористый — 5—7; натрий фтористый — 50—60; олово хлористое — 40—45; соляная кислота — 0,5—1.

Назначение составов (1)—(21): 1—5—осаждение сплавов олово—цинк (5—аноды: 80% Sn + 20% Zn; Q=15—18 мкм/ч при 1 А/дм². Сплав длительно пригоден к пайке с канифольным флюсом).

6—7 — осаждение сплавов олово—кадмий. (7 — покрытие содержит 6—8% кадмия. Длительно сохраняет способность к пайке. Рекомендуется для ПОС-61 с 25%-ным спиртовым раствором светлой канифоли).

8—11 — осаждение сплавов олово—медь [10 — аноды — литой сплав (50% меди : 50% олова); содержание олова в покрытии растет с увеличением $D_к$ от 0,3 до 1,5 А/дм²; $\eta_к$=98—100%; $\eta_а$=100%].

12 — осаждение сплава олово—никель. Осаждаются светлые блестящие осадки сплава с содержанием никеля 34—38%. Приготовление электролита осуществляют путем растворения фтористого аммония и добавления к раствору солей олова и никеля. Хлоралгидрат вводят в электролит, нагретый до температуры 50° С при перемешивании.

13 — осаждение сплава олово—никель с уменьшенными напряжениями в осадке. В указанных в (13) условиях осаждаются светлые, блестящие покрытия сплавом с содержанием никеля 38—40%. Внутренние напряжения растяжения в осадках составляют 340—350 кгс/см². При приготовлении электролита 8-хинолинсульфокислоту вводят при помешивании в подогретый до 40—50° раствор.

14 — осаждение сплавов олово—висмут.

15 — для получения полублестящих осадков сплавов олово—висмут.

16 — увеличенное содержание висмута в сплаве и расширенный диапазон плотностей тока.

17 — допускаются добавки блескообразователей — 5—10 г/л.

18 — электролит для покрытия алюминия сплавом олово—висмут по подслою непосредственно осажденной меди или никеля. После осаждения 6—9 мкм меди — термообработка 200—250° С, 30 мин, декапирование в серной кислоте, затем гальваническое осаждение сплава — 9—12 мкм.

19 — осаждение сплава олово—висмут. Осадки сплава содержат 0,5—1,4% висмута. При повышении $D_к$ от 0,8 до 2 А/дм² содержание висмута в сплаве уменьшается от 1,5 до 0,5—0,6%. $\eta_к$=95—100%. Высокая рассеивающая способность электролита.

20 — получение полублестящих осадков сплава олово—висмут. Аноды — олово О1. Растворы всех солей приготовляют отдельно, олово и висмут смешивают с серной кислотой, затем добавляют ПЭПА и хлорид аммония.

21 — осаждение сплава олово — кобальт.

11. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ СВИНЦОМ И ЕГО СПЛАВАМИ

1. Свинец азотнокислый ($2H_2O$) — 30—80; полиэтиленполиамин — 50—150; аммоний сернокислый — 150—200. t=18—25° С; $D_к$=0,1—1 А/дм².

	2	3
Свинец	75	180
SiF_6	150	140
Желатина	0,2	5,4

Для обоих составов: $D_к$=0,5—8 А/дм²; $D_а$=0,5—3,0 А/дм²; t=35—40° С.

4. Едкий натр — 18—200; плюмбит натрия (на металлический свинец) — 25—48; полиэтиленполиамин — 0,5—1. t=25—40° С; $D_к$=0,5—8 А/дм².

	5	6	7
Свинец	410	54	80
Свободная сульфаминовая кислота	—	50	100

t=24—50° С; $D_к$=0,5—4 А/дм².

8. Фторборат свинца — 250; гидрохинон — 5—10, содержание свинца—5,6—16% по массе. t=55—70° С; $D_к$ — до 85 А/дм². *Интенсивное перемешивание.*

Состав концентрата электролита для свинцевания из фтороборных ванн:

	%	г/л
9. Фторборат свинца	50	875
Свинец (на металл)	27,2	476
Свободная HBF_4	0,7	12,3
Свободная H_3BO_3	4,0	70,0
Плотность, г/см³	1,75	

Фтороборные электролиты свинцевания (г/л):

	10	11
Фторборат свинца	200	217,6
Свинец (на металл)	108,8	217,6
Клей	0,2	2,0
pH (оптимальное)	1,0	1,0
t,° С	21—38	24—38
$D_к$, А/дм²	0,5—5	0,5—7
U, В (на ванне)	1—3	1—5

	% вес.	г/л
12. Борфторид олова	47	752
Олово (на металл)	10	304
Свободная HBF_4	0,7	11,2
Свободная H_3BO_3	3,0	48,0
Плотность, г/см³	1,60	

	13	14
Свинец	120	240
Свободная HBF_4	30	60
Избыток H_3BO_3	13,3	26,6
Желатина	0,2	0,2
t,° С	25—40	
$D_к$, А/дм²	0,5—5	0,5—7
Толщина, мм	0,025	0,1

	15	16
Отношение Pb : Sn в осадке	40 : 60	93 : 7
Общее содержание Sn, г/л	60	7
Станнат олова, г/л	55	6
Содержание Pb, г/л	25	88
Свободная HBF_4, г/л	100	100
Свободная H_3BO_3, г/л	25	25
Пептон, г/л	5	0,5
t,° С	16—38	16—38
$D_к$, А/дм²	3	3

Назначение составов (1)—(16):

1 — высокостабильный электролит для полублестящего мелкокристаллического свинцевания (г/л).

2, 3 — электролиты свинцевания.

4 — щелочной электролит свинцевания.

5—7 — сульфаматные электролиты свинцевания.

8 — фторборатный электролит (скоростное свинцевание стальной ленты).

9 — концентрат электролита.

10, 11 — электролиты на базе концентрата (9). Электролит (10) — для обычных толщин, (11) — для больших толщин и для насыпных деталей. При сильном перемешивании и повышении содержания клея можно применять $D_к$ до 10 А/дм² при толщинах до 50 мкм. При больших толщинах $D_к$ ниже. Порообразование устраняют добавки гидрохинона. Избыток HBF_4: 10—20 г/л — в электролите (10) и 20—30 г/л — в электролите (3) уменьшает гидролиз и выпадение фторида свинца. Избыток H_3BO_3 : 30—40 г/л — в (2) и 50—70 г/л — в (11) уменьшает дендритообразование и повышает электропроводность. Не перегревать выше 40° С. Блескообразующие и противодендритные добавки — резорцин, аминофенолы, полициклические сульфонамиды 0,2—5 г/л.

12 — концентрат оловянного электролита (Sn) для осаждения сплава Pb—Sn. Концентрат Pb-электролита — см. (9).

13, 14 — электролиты свинцевания на базе концентрата (9).

15, 16 — электролиты для осаждения сплава Pb—Sn на базе концентратов (9) и (12).

СОСТАВЫ ОСАДКОВ ИЗ ФТОРОБОРНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Осадок		Аноды		Электролит					
Sn, %	Pb, %	Sn, %	Pb, %	Общее Sn, г/л	Станнат олова, г/л	Свинец, г/л	HBF_4 (своб.), г/л	H_3BO_3 (своб.), г/л	Пептон, г/л
5	95	5	95	5	4	85	100	25	0,5
7	93	7	93	7	6	88	100	25	0,5
10	90	10	90	10	8,5	90	100	25	0,5
15	85	15	85	15	13	80	100	25	1,0
25	75	25	75	25	22	65	100	25	1,0
40	60	40	60	40	35	44	100	25	3,0
50	50	50	50	50	45	35	100	25	4,0
60	40	60	40	60	55	25	100	25	5,0

12. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ СУРЬМОЙ

1. Получение полублестящих мелкозернистых осадков сурьмы (г/л). Трехокись сурьмы — 100; лимонная кислота — 210; лимоннокислый натрий — 240. t=20—70° С; $D_к$=0,5—5,4 А/дм²; pH=3,5—5,7.

2. Электролит с хорошей рассеивающей способностью (г/л). Лимонная кислота — 125; трехфтористая сурьма — 160; серная кислота — 140 мл/л. t=18—25° С; $D_к$=5—8 А/дм².

3. Получение матовых мелкозернистых осадков сурьмы (г/л). Азотнокислый висмут — 0,75; лимонная кислота — 200; трехфтористая сурьма — 105; раствор аммиака — 14. t=28—25° С; $D_к$=1—2 А/дм². В составе осадка — до 3% висмута. Хорошо полируется.

4. Получение сурьмяного покрытия, пригодного для пайки. Сурьмяновиннокислый калий — 25—70 г/л; соляная кислота — до pH=1,7—1,9. $D_к$=0,25—1 А/дм²; t=18—70° С.

13. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ИНДИЕМ И ЕГО СПЛАВАМИ

Индий (In), в силу ряда специфических свойств, относительно широко применяется в современной технике, в частности для антифрикционных покрытий. Некоторые составы для гальванического осаждения индия приводятся ниже.

1. Концентрат для борфтористого индиевого электролита:

	% вес.	г/л
Борфторид индия	50	800
Индий (на металл)	15,3	244,5
Свободная HBF_4	29,3	36,8
Свободная H_3BO_3	2,4	38,4

2. Индиевый электролит для печатных схем и вкладышей подшипников. Борфторид индия — 33; свободная H_3BO_3 — 108,0; Индий (на металл) — 25; борфторид аммония — 50. pH=1,5—2; $D_к$=0,5—2,5 А/дм²; U=1—3 В; η=80—90%; t=20° С.

Аноды — платина или графит + полоски индия площадью $^1/_{10}$ от общей анодной. Полосками регулируют содержание индия в электролите.

3. Сернокислый индиевый электролит (г/л). Индий сернокислый — 20; натрий сернокислый — 10; серная кислота — до pH=2—2,7. t=20° С; $D_к$=1—4 А/дм². Аноды — индий на нержавеющей стали.

4. Борфтористый электролит для осаждения индия (г/л). Борфторид индия ($In(BF_4)_2$) — 257; борная кислота — 28,2; борфторид аммония (NH_4BF_4) — 49. t=20° С; $D_к$=5—10 А/дм²; pH=1. Аноды — индий, платина, графит.

5. Хлористый индиевый электролит (г/л). Двухлористый индий ($InCl_2$) — 22,5; цианистый калий — 150; едкое кали — 35; глюкоза — 35. t=20° С; $D_к$=1,5—3,0 А/дм². Аноды — индий, нержавеющая сталь, графит.

6. Электролит для получения улучшенных покрытий (г/л). Хлористый индий на металл — 20—40; нитрилотриуксусная кислота — 90—110; глюконовая кислота — 40—60; желатина — 0,1—0,25. pH=9,5—10,5; t=20—30° С; $D_к$=22—65 мА/см². В качестве глюконовой кислоты можно применять ее соли, а также глюконо-σ-лактон. Молярное соотношение нитрилотриуксусной кислоты к соединению индия — 2 : 1.

7. Высокопроизводительный стабильный электролит для осаждения антифрикционных покрытий индий—свинец (г/л). Индий треххлористый — 25—50; свинец азотнокислый — 5—25; аммоний сернокислый — 200—300; полиэтиленполиамин — 100—200. pH=8—10; t=18—25° С; $D_к$=0,2—3 А/дм². Дает мелкокристаллические полублестящие осадки.

14. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ БЛАГОРОДНЫМИ МЕТАЛЛАМИ

К данной группе относятся покрытия золотом, платиной, серебром, родием, рутением, палладием. Объем их применения в современной технике, в особенности в приборостроении, машиностроении, электротехнике, электронике, непрерывно возрастает.

Серебрение. Составы для электрохимического серебрения (г/л). 1. Натрий углекислый — 10; натрий цианистый — 70; серебро цианистое — 2. t=20—30° С; $D_к$=1—2,5 А/дм².

2. Натрий углекислый—10; натрий цианистый — 70; серебро цианистое — 6. t=18—20° С; $D_к$=0,5—1,5 А/дм². Аноды — нержавеющая сталь.

3. Аммиак — 2 мл/л; кали едкое — 15; калий углекислый — 25; калий цианистый—100; натрия сульфат — 0,5; серебро цианистое — 100. t=40—55° С; $D_к$=1—6 А/дм² без перемешивания; 6—15 А/дм² — с перемешиванием.

4. Натрий цианистый—90—100; серебро хлористое — 1—2. t=18—25° С; $D_к$=1,5—2 А/дм²; τ=0,5—1,0 мин.

5. Натрий углекислый — 25—30; натрий цианистый — 40—55; серебро хлористое — 30—40. t=18—25° С; $D_к$=0,3—0,6 А/дм²; η=95—100%. Рекомендуется реверс тока: $\tau_к$=5 с, $\tau_а$=1 с; $D_к$=2—3 А/дм². При перемешивании и t=40—45° С допустимы $D_к$=0,7—1,0 А/дм².

6. Калия пирофосфат (свободный) — 170—220; калий цианистый (свободный) — 2—10; олово (на металл) — 20—30; серебро (на металл) — 10—20. pH=8,7—9,2; t=18—20° С; $D_к$=0,5—1,5 А/дм².

7. Калий углекислый — 30; калий цианистый (общий) — 48—55; калий сурьмяновиннокислый — 10—25; сегнетова соль — 90—60; серебро хлористое — 30—40. t=18—30° С; $D_к$=0,5 А/дм².

8. Аммиак — 1—2 мл; натрия тиосульфат — 0,4; натрий углекислый — 10; натрий цианистый — 30; серебро цианистое — 10.

9. Аммиак — 1—2 мл/л; калий углекислый — 10; калий цианистый — 70; натрия тиосульфат — 0,4; серебро цианистое — 30. $D_к$=0,1—1 А/дм².

10. Калий углекислый — 50; калий цианистый — 40; серебро цианистое — 40. t=70—80° С; $D_к$=1,5 А/дм².

11. Едкое кали — 8—14; калий цианистый — 38—42; серебро цианистое — 40—43. t=45° С; $D_к$ — до 10 А/дм².

12. Калий углекислый — 45; калий цианистый — 60; серебро цианистое — 36; сероуглерод — 0,0007. t=24—32° С; $D_к$=0,54—1,6 А/дм².

13. Едкое кали — 30; калий углекислый — 15—113; калий цианистый — 113; серебро цианистое — 105. t=43—54° С; $D_к$=6,5—16 А/дм².

14. Калия нитрат — 45—150; натрий углекислый — 22,5—45; натрий цианистый — 33—45; серебро цианистое — 22,5—45; сероуглерод — 0,00075. $D_к$=0,54—16 А/дм².

15. Калий цианистый — 80—140; серебро (на металл) — 2—5. τ=0,5—2 мин.; U=6—10 В.

16. Калий железосинеродистый — 200; калий углекислый — 30; магния сульфат — 0,123; серебро хлористое — 40. t=18—20° С; $D_к$=0,1—0,5 А/дм².

17. Калий железосинеродистый — 300; ОП-10 — 10; серебро (на металл) — 24—30. pH=5,4—5,8; t=18—25° С; $D_к$=0,5—0,7 А/дм² — без перемешивания; 1,0—2,0 А/дм² — с перемешиванием. Для гладких осадков реверс $\tau_к : \tau_а$=10 : 1.

18. Калий железосинеродистый — 100—150; калий роданистый — 100—150; калий

углекислый (безводн.) — 30—60; серебро хлористое — 30. t=18—25° С; $D_к$=0,3—0,5 А/дм².

19. Калий железистосинеродистый — 35—70; калий роданистый—35—70; натрий углекислый — 40—60; серебро хлористое — 15—30. t=18—25° С; $D_к$=0,2 А/дм². Осадки малопористы.

20. Желатина — 1—4; калий йодистый—400—450; серебро (на металл) — 20—40. t=18—25° С; $D_к$=0,2—0,4 А/дм²; при 60° С $D_к$=2—3 А/дм². $\eta_к$=100%.

21. Аммиак—75 мл/л; калий йодистый—630; серебро сернокислое — 30; тринатрийфосфат — 50. t=18—25° С; $D_к$=0,2 А/дм². В тонких слоях пористость выше.

22. Бериллий сернокислый — 0,885; калий йодистый — 400; серебро хлористое — 25; соляная кислота — до рН=5,52. $D_к$=0,25 А/дм²; Q=5 мкм/ч.

23. Азотнокислое серебро—30—40; йодистый калий — 300—400; полиэтиленполиамин — 10—100. t=18—40° С $D_к$=0,5—3 А/дм².

24. (моль/л). Аммиак — 0,4; аммоний сернокислый — 1,5; серебро азотнокислое — 0,2. t=18—25° С; $D_к$=0,6 А/дм². В тонких слоях осадки пористы.

25. Калий цианистый — 38—40; серебро (на металл) — 38—40; t=18—20° С; $D_к$=1,25 А/дм².

26. Аммиак (25%-ный) — 60—100 мл/л; аммоний сернокислый — 40—70; натрия нитрит — 45—75; натрия пирофосфат—25—45; серебро азотнокислое—20—30. t=20° С, $D_к$=0,1—0,8 А/дм². Аноды не пассивируются.

27. Серебро азотнокислое—8,5—51; трилон Б — 18—112. рН=8—9; t=20—25° С; $D_к$=0,25—1,0 А/дм² — без перемешивания, 1—2,2 — с перемешиванием.

	28	29
Дитиолпропансульфонат натрия	0,005—0,05	0,01
Калий углекислый	20—80	46
Калий цианистый	60—90	82
Серебро (на металл)	20—45	42

t=20—25° С; $D_к$=0,1—2,5 А/дм². (28) — пределы, (29) — конкретный пример; H_μ = 120—200 кгс/мм².

30. (г/л). Борная кислота — 2—80; диспергатор НФ (на сухой остаток) — 0,03—0,125; селен (в соединении с KCN)—0,001—0,005; серебро (в цианистом комплексе) — 20—40; сурьма (треххлористая) — 0,5—1,0; триэтаноламин — 4—160. t=15—60° С; $D_к$=0,01—3 А/дм²; H_μ=150—200 кгс/мм².

31. Закрепитель устойчивый 2—1—2; натрий цианистый — 55—75; серебро азотнокислое — 30—40. t=20—30° С; $D_к$=1—2 А/дм² без перемешивания; 2—7 А/дм² с перемешиванием. H_μ=160 кгс/мм².

32. Диспергатор НФ (на сухой остаток) — 0,05—0,125; калий азотнокислый — 32,8—37,5; калий цианистый (своб.)—140—160; селен (элементарный) — 0,03—0,05; серебро (металлическое в виде цианистого комплекса) — 35—40; четвертичная аммонийная соль (диалкиламинметил) этиленмочевины 50%-ной — 0,1—0,2. t — до 25° С; $D_к$=0,05—2,5 А/дм².

33. Серебро азотнокислое — 40; пирофосфат натрия — 40; сульфат аммония — 80; аммиак 25%-ный — 42 мл/л. рН=8,1; $D_к$=0,2—0,4 А/дм².

34. Серебро азотнокислое — 25; сульфит натрия—400. рН=8,78; $D_к$=0,2—0,3 А/дм².

35. Серебро азотнокислое — 50; трилон Б — 55; едкий натр — 25; аммиак — 15; уксуснокислый аммоний — 4. рН=10,1; $D_к$=0,3—0,8 А/дм².

36. Цианистый калий — 50—75; серебро хлористое — 40—45; сероуглерод — 0,0002; ализариновое масло —0,5. t=14—19° С. $D_к$=0,9—0,98 А/дм². За 40 мин. отлагается 24 мкм. Осадок плотнее матового.

37. Цианистый калий — 45—65; серебро хлористое — 20—45. t=20—30° С; $D_к$=0,1—0,3 А/дм²; τ=110 мин. Затем механическая полировка.

38. Азотнокислое серебро—40—60; азотнокислая медь — 15—30; моноэтаноламин 40%-ный — 130—160; азотнокислый аммоний — 30—45; азотнокислый калий — 30—45; сегнетова соль — 15—30; аммиак 25%-ный — до рН=9—10. t=20—25° С. $D_к$=0,2—0,8 А/дм².

39. Серебро (на металл) — 1—6; медь (на металл) — 10—12; трилон Б — 120—140; аммиак—до рН=8—9. t=20° С; $D_к$=0,8 А/дм² без перемешивания и 1,6 А/дм² с перемешиванием.

40. Тетраамингидроксид палладия (на металл) — 18—22; диамингидроксил серебра (на металл) — 2,5—3,5; трилон Б — 45—60; углекислый аммоний — 10—25; аммиак (своб.) — 8—15; выравниватель А — 1,0—1,2. t=20° С; $D_к$=0,2—1,0 А/дм²; $\eta_к$=85—95%.

Назначение составов (1)—(40):

1 — цианистый электролит предварительного серебрения нержавеющей стали.

2 — серебрение нержавеющей стали и цветных металлов.

3 — толстослойное серебрение для технических целей.

4, 5 — для предварительного (4) и окончательного (5) серебрения.

6, 7 — твердое износостойкое серебрение.

8 — тонкослойное серебрение.

9 — техническое и декоративное серебрение.

10—14 — цианистые электролиты серебрения различных составов.

15 — прочное серебрение ферритов по подслою цинка из цианистого электролита.

16—19 — железистосинеродистые электролиты (16 — покрытия, стойкие к потускнению; 17 — серебрение деталей несложной конфигурации; 18 — высокопроизводительный электролит. $D_к$—до 0,6 А/дм². Скорость осаждения — 11 мкм/ч при 0,3 А/дм². Рекомендуется реверс при 50—60° С, $D_к$ — до 1 А/дм²; $\tau_к : \tau_а$=10 : 1. Скорость осаждения — 30 мкм/ч при 1 А/дм²; 19 — малопористые осадки серебра).

20—23 — йодистые электролиты серебрения (22 — покрытие, стойкое к потускнению; 23 — светлые мелкокристаллические осадки). Перед серебрением стальных изделий на их поверхность наносят никель химическим способом или двухслойное покрытие медь—серебро.

24—26 — электролиты матового серебрения.

27—32 — электролиты блестящего серебрения. [Отдельные растворы азотнокислого серебра и трилона Б смешивают и добавляют аммиак до pH=8—9. Электролиты стабильны, осадки до 1—2 мкм блестящие, выше — полублестящие. Без предварительного серебрения можно наносить до 10—15 мкм; (28) — пределы составов; (29) — конкретный пример; 30 — в раствор цианистого калия вводят раствор азотнокислого серебра. Затем растворяют 1 моль элементарного селена в 2,5—3 молях раствора цианистого калия. Диспергатор НФ (продукт реакции нафталинсульфокислоты с формальдегидом) выпаривают на водяной бане и растворяют сухую навеску в теплой воде. Затем растворяют 1 моль треххлористой сурьмы при перемешивании в 6,5 моля триэтаноламина — не выше 70° С. Борную кислоту вводят в электролит в количестве 1/2 введенного триэтаноламина; 31, 32 — блестящее серебрение].

33—35 — серебрение алюминия по непосредственно нанесенному подслою меди или никеля.

36, 37 — серебрение мельхиора (36 — блестящее; 37 — матовое).

38 — осаждение сплава серебро—медь. Катод — медь или латунь, предварительно амальгамированная или покрытая тонким слоем серебра из цианистого или железистосинеродистого электролита. Анод — серебро. В 150—200 мл воды растворяют нитрат аммония и в таком же объеме растворяют нитрат калия; оба раствора смешивают и растворяют азотнокислое серебро. В полученный раствор при помешивании вводят моноэтаноламин. Нитрат меди растворяют в 200—250 мл воды и в него вводят сегнетову соль. В раствор, содержащий серебро, постепенно при помешивании вводят раствор, содержащий медь. В полученный раствор вводят 25%-ный раствор аммиака и перемешивают. Полученный раствор имеет pH=9—10.

Нанесенный сплав содержит 93—99% серебра и 1—7% меди. Покрытие — гладкое, мелкокристаллическое, полублестящее.

39 — электролит повышенной производительности для осаждения сплава медь—серебро.

40 — электролит для осаждения сплава серебро—палладий. Покрытие светло-серого цвета, гладкое, полублестящее, микротвердостью 230—250 кгс/мм² на меди или серебре.

Золочение. Покрытие золотом и его сплавами поверхностей менее благородных металлов производится в целях придания им декоративного внешнего вида, защиты от действия коррозионных сред, повышения электропроводности и др. Применяемые электролиты весьма разнообразны по составу.

Ниже приводятся рецепты некоторых из составов.

Составы для золочения и покрытия сплавами золота (г/л).

1. Цианистый электролит для осаждения толстых золотых покрытий. Золото (на металл) — 15—25; цианистый калий (своб./общ.) — 8—10/до 100. t=55—60° С; $D_к$=2—4 А/дм²; $D_а$=1 А/дм².

2. Цианистый электролит золочения. Двунатрийфосфат — 7; золото (на металл) — 4; калий цианистый (своб.) — 15. t=65—75° С; $D_к$=0,3—0,4 А/дм².

3. Цианистый электролит для золочения при реверсе тока. Золото (на металл) — 2—3; калий цианистый (своб.) — 15—20. t=18—25° С; $D_к$=0,5 А/дм²; $\tau_к$=7 с; $\tau_а$=1 с.

4. Ферроцианатный электролит золочения. Золото (на металл) — 4; калия ферроцианат — 200; натрий углекислый (безводный) — 65; сегнетова соль — 60—70. t=50—60° С; $D_а$=0,2—0,3 А/дм²; $D_к$=0,1—0,15 А/дм²; $\tau_к : \tau_а$=10 : 1.

5. Электролит для осаждения твердого сплава золото—никель. Золото (на металл) — 0,84; калия пирофосфат — 50—100; никель (металл) — 1,94; сегнетова соль—50. pH=6—7; t=50—60° С; $D_к$=0,5 А/дм².

6. Электролит для осаждения твердого сплава золото—кобальт. Золото (на металл) — 1,2; калий цианистый (своб.) — 0,52 калия пирофосфат —50—100; кобальт (на металл) — 3; сегнетова соль — 50. pH=6—7; t=50—60° С; $D_к$=0,5 А/дм².

7. Электролит для осаждения износостойкого сплава золото—графит. Валериановая кислота — 20—30 мл/л; графит (порошок) — 50—200; золото (на металл) — 5—10; едкое кали — до pH=4—4,5; лимонная кислота — 60—80. pH=4—4,5; t=20° С; $D_к$=0,5—1 А/дм².

8. Электролит для осаждения сплава золото—серебро—индий. Дицианоаурат калия (на металл) — 2—20; дицианоаргентат калия (на металл) — 0,1—10; калий цианистый (своб.) — 5—200; цианистый комплекс индия с трилоном Б (на металл) — 2—20. t=20° С; $D_к$=0,4—0,6 А/дм². Скорость вращения катода — 60—65 об/мин.

9. Электролит для осаждения сплава золото—палладий. Дицианоаурат калия (на металл) — 0,1—3,0; калий цианистый (своб.) — до 0,3; этилендиамин (своб.) — 15—75; этилендиамин палладия (на металл)—0,1—3,0. pH=7,3—7,7; t=60—65° С; $D_к$=0,3—0,8 А/дм².

10. Электролит для осаждения сплава золото—кобальт. Дицианоаурат калия (на металл) — 8—10; калия цитрат кислый — 50—100; кобальта сульфат (на металл) — 1—3; пиперазингидрат — 0,5—30. t=20—40° С; $D_к$=0,3—1,5 А/дм².

11. Электролит для осаждения износостойких сплавов золота. Золото (на металл) — 5—15; калия ферроцианат — 70—200; легирующий металл — 0,05—10; муравьиная кислота — 10—25; поташ — 25—75; сульфат натрия — 20—40; трилон Б — 5—100. pH=4—6,5; t=18—60° С; $D_к$=0,3—0,5 А/дм².

12. Электролит для осаждения твердого износостойкого золотого покрытия. Золото (на металл) — 4—8; корунд — 50—100; сульфит натрия ($7H_2O$) — 160—240; этилендиамин (основание) — 12—16. pH=10—11; t=35—45° С; $D_к$=0,2—0,5 А/дм².

13. Электролит с низкой концентрацией золота. Золото — 2; калий цианистый (своб.) — 15; натрия фосфат — 3,8. t=60—70° С; $D_к$=0,11—0,5 А/дм². Перемешивание (лучше катодами); $S_а : S_к$=1 : 1; $\eta_к$= =100%.

14. Лимонная кислота — 20; золото (в дицианоаурате калия) — 8—12; цитрат калия — 75.

15. Электролит для осаждения сплава золото—родий. Дицианоаурат калия (на металл) — 2,5—10; родий (соль родия этилендиаминтетрауксусной кислоты — на металл) — 2,5—10; фосфат щелочного металла — 80—100. pH — 7—8; t=20—40° С; $D_к$=0,1—0,5 А/дм².

16. Электролит для блестящего золочения. Дициандиамид—8—16; дицианоаурат калия (на металл) — 3—10; едкое кали — до pH=3,4—5; масляная кислота — 20—35 мл/л; лимонная кислота—80—100. pH= =3,5—4; t=18—50° С; $D_к$=0,1—5 А/дм².

Назначение составов (1)—(16):

1 — перед золочением декапируют в растворе 30—40 г/л цианистого калия при 30—40° С 30—40 с или анодно, при 18—25° С и $D_к$=3—5 А/дм², 3—5 с. Для повышения электропроводности вводят в электролит немного углекислого калия или двунатрийфосфата. Состав ядовит.

2 — оптимальный состав. Аноды — золото. Подготовка, как в (1). Ядовит.

3 — более интенсивен, чем (2). Подготовка, как в (1). Состав ядовит.

4 — менее ядовит, но менее стабилен, чем (1)—(3). Сегнетову соль можно заменить роданистым калием — 100 г/л. Для приготовления электролита отдельно растворяют ферроцианат и соду, сливают вместе и нагревают до кипения. В кипящий раствор вводят горячий раствор хлорного золота и остальные компоненты и кипятят 2—3 ч.

5, 6 — золото вводят в форме цианистого комплекса; никель и кобальт — в форме пирофосфатного комплекса. Аноды — платина.

7 — осадок обладает самосмазывающими свойствами.

8 — вместо трилона Б в качестве стабилизатора можно использовать глюкозу. Содержание индия в сплаве золото—серебро—индий изменяется в зависимости от параметров электролита и процесса проведения. При содержании индия в электролите 8 г/л изменение плотности тока с 0,2 до 0,8 А/дм² ведет к увеличению содержания индия с 2,5 до 7% вес. При содержании индия в электролите 12 г/л в покрытии содержание его увеличивается от 6,6 до 12% вес. Твердость H_μ возрастает до 245 кгс/мм².

9 — твердый износостойкий сплав для покрытия электрических контактов, работающих на трение. Цианистый раствор золочения готовят путем анодного растворения металлического золота в 2%-ном растворе цианистого калия при анодной плотности тока 1,0—1,5 А/дм² и температуре 60—65° С. Анодное пространство от катодного отделяют пористой диафрагмой. В полученном растворе доводят концентрацию цианистого калия до 0,3 г/л. Отдельно готовят этилендиаминовый комплекс палладия путем растворения расчетного количества хлористого палладия в 20%-ном растворе этилендиамина при 60—65° С. Затем полученные растворы смешивают и доводят до необходимого объема.

Содержание палладия в осадке меняется в зависимости от соотношения компонентов в электролите от нуля до 100%. При соотношении концентрации золота к палладию в электролите 2 : 1, 1 : 1, 1 : 2 содержание палладия в электролитическом сплаве составляет соответственно 40, 50 и 75%.

Микротвердость, удельное электросопротивление и износостойкость сплава увеличиваются по мере увеличения в нем содержания палладия.

10 — покрытия блестящие, толщиной более 10 мкм, без дополнительного полирования.

Вместо пиперазингидрата можно применить гидразингидрат; вместо цитрата калия — дву- или тринатрийфосфат; вместо сульфата кобальта — сульфаты никеля, меди и других металлов. Количество добавки можно менять в широких пределах, задавая состав покрытия. Покрытие подвергают термообработке в воде при температуре не ниже 40° С в течение 10—15 мин. Для интенсификации процесса термообработки в воду можно добавлять поверхностно-активные вещества. Изменяя температуру водяной ванны, можно варьировать тон покрытия в широких пределах. Например, при температуре воды 45° С покрытие имеет красноватый оттенок, а при 85° С — золотисто-желтый.

11 — твердые, беспористые, износостойкие покрытия.

В качестве легирующего металла вводят (г/л): никель или кобальт — 5—1, или сурьму — 0,05—3, или олово—0,1—5 в виде их комплексных солей на основе трилона Б или другого органического комплексообразователя.

12 — твердое и износостойкое покрытие.

13 — низкая концентрация золота.

14 — для золочения полупроводников и металлов.

15 — мелкокристаллические блестящие осадки сплава с 0,5—10% родия; H_μ= =200—250 кгс/мм².

16 — блестящие плотные осадки; H_μ= =110—120 кгс/мм².

Платинирование (г/л). 1. Фосфатный электролит. Платинохлористоводородная кислота (H_2PtCl_4) — 4—5; средний фосфат аммония ($(NH_4)_3PO_4$) — 20—45; тринатрийфосфат кристаллический — 100—240. t= =70—90° С; $D_к$=1 А/дм²; τ=30—40 с. Осадки блестящие, потом — серые.

2. Нитратный электролит. Аммоний-платины нитрат — 10; натрия нитрат — 10; аммония нитрат — 100; аммиак — 50. t=95° С; $D_к$=6—12 А/дм².

3. Черное платинирование. Тетрахлорид платины — 10; уксуснокислый свинец — 0,2. t=20° С; $D_к$=30 мА/дм².

Покрытие родием. Составы сернокислых электролитов родирования (г/л). 1. Родий (на металл) — 2—3; серная кислота — 25. $t=20—45°$ С; $D_к=0,5—10$ А/дм².

2. Тринатрийгексанитрит родия (на металл) — 2—25; серная кислота — 50—400. $t=40—45°$ С; $D_к=0,1—0,2$ А/дм²; перемешивание. Навеску тринатрийгексанитрита родия вносят небольшими порциями в разбавленную (1 : 1) концентрированную серную кислоту, предварительно охлажденную при интенсивном перемешивании, и поддерживают температуру от 20 до 40° С. После растворения всей соли в кислоте раствор разбавляют водой до 0,65—0,75 от окончательного объема, выдерживают при температуре 35—40° С в течение 1 ч и затем доводят до требуемого объема. Раствор имеет лимонно-желтую окраску, устойчивую в течение длительного времени. Другие компоненты, например сульфат магния, селеновую или сульфаминовую кислоту, вводят сразу после первого разбавления раствора водой. Тринатрийгексанитрит родия можно вводить в качестве исходного продукта в любой другой раствор родирования. Раствор стабилен в работе, а осадки родия — высококачественные.

3. Родий сернокислый — 1—3; серная кислота — 30—35. $t=18—30°$ С; $D_к=0,5—4$ А/дм².

Наложение ультразвука $f=16—20$ кГц; $P=100—250$ Вт/л.

4. Блестящие осадки родия с малыми напряжениями. Родий металлический (в сульфате) — 0,5—20; сульфаминовая кислота — 5—100; медь (в сульфате) — 0,01—0,5.

Родий и медь можно вводить в электролит в виде различных солей — сульфата родия, сульфата меди, сульфамата меди, нитрита меди. Содержание меди в осадке незначительно, однако может меняться в сторону увеличения до 5%.

5. Фосфатный электролит родирования. Родий (на металл) — 2; фосфорная кислота — 10—40 мл/л. pH=2,8—3; $D_к$ — до 0,2 А/дм².

6. Оксалатный электролит родирования для получения блестящих осадков. Соль родия (на металл) — 2—30; оксалат аммония — 5—35; сульфаминовая кислота — 7—15. $t=40—80°$ С; $D_к=2—10$ А/дм².

7. Стабильный электролит родирования. Аминохлоридный родиевый комплекс (на металл) — 7—10; углекислый аммоний — 50—150. $t=60—90°$ С; $D_к=1—4$ А/дм².

Исходные продукты — треххлористый родий и углекислый аммоний.

Из электролита, содержащего: аминохлоридный родиевый комплекс (на металл) — 8; углекислый аммоний — 100, при $t=80°$ С, pH=8, $D_к=2$ А/дм² получается блестящее покрытие родием толщиной до 7 мк; $H_\mu=630$ кгс/мм².

8. Стабильный состав родирования. Нитрат натрия — 5—6; нитрат родия (на металл) — 2—25; нитрит натрия — 8—10; $t=18—80°$ С; $D_к=0,5—4$ А/дм². Электролит длительно устойчив, дает светлые блестящие осадки родия.

Покрытие палладием. 1. Блестящее палладирование (г/л). Натрий-палладий хлорид — 10; хлористый натрий — 50; нитрат натрия — 10. pH=4—5; $t=50°$ С; $D_к=1$ А/дм².

2. Матовое палладирование (г/л). Аминонитрит палладия — 8; нитрат натрия — 10; нитрат аммония — 100. $t=50°$ С; $D_к=0,2—1,0$ А/дм²; pH=7 (при низких pH тонкие, блестящие осадки).

3. Износостойкое палладирование (г/л). Палладий хлористый — 50—80; аммоний хлористый — 5—15; малеиновый ангидрид — 0,05—0,15; хинолин — 0,08—0,12 мл/л; раствор аммиака 2%-ный — до pH=8,5—9,5. $t=20\pm5°$ С; $D_к=1—2$ А/дм²; $S_а : S_к$ не менее 3 : 1. Аноды — палладий.

4. Стабильный электролит палладирования (г/л). Тетрааминхлорид палладия (на металл) — 35—45; хлористый аммоний — 18—25; малеиновый ангидрид — 0,1—0,15; гидрат окиси аммония (своб.) — 5—10. pH=8,5—9,5; $t=18—25°$ С; $D_к=2—3$ А/дм²; $Q=30$ мкм/ч.

Расчетное количество хлористого палладия растворяют в соляной кислоте и разбавляют водой в соотношении 1 : 4. Раствор нагревают до 70—90° С и в него постепенно при перемешивании вводят 25%-ный раствор аммиака до растворения кирпично-красного кристаллического осадка. В полученный желто-зеленый раствор тетраминхлорида палладия вводят по расчету хлористый аммоний, разбавляют водой до рабочего уровня ванны и вводят малеиновый ангидрид. Корректируют раствор концентрированным раствором тетрааминхлорида палладия, хлористым аммонием и малеиновым ангидридом или простым упариванием.

Осадки палладия—беспористые, без трещин полублестящие. $H_\mu=220—250$ кгс/мм², износостойкие. Покрытие палладием при толщине 1—2 мкм защищает серебро от потемнения, а при толщине свыше 3 мкм обеспечивает высокую износостойкость при работе на трение.

5. Износостойкое покрытие палладием. Комплексная соль палладия (на металл) — 10—20; этаноламин 97%ный—80—160; сульфат аммония — 20—50; сахарин — 0,3—0,6. $t=20—30°$ С; $D_к=0,3—1,6$ А/дм².

На цветных металлах получают блестящие палладиевые покрытия от 0,5 до 30 мкм.

6. Осаждение сплава палладий—серебро. Тетраамингидроксид палладия (на металл) — 18—22; диамингидроксид серебра (на металл) — 2,5—3,5; трилон Б — 45—60; углекислый аммоний — 20—25; аммиак (своб.) — 8—20. pH=8,5—10,5; $t=40°$ С; $D_к=0,1—0,5$ А/дм². Оптимальная толщина покрытия — 5 мкм.

7. Блестящее покрытие палладием. Аммиак — до pH=8—9,5; борная кислота — 10—20; гликоль — 30—44; палладий хлористый — 30—50. $t=18—20°$ С; $D_к=0,5—3,5$ А/дм².

8. Аммиак — до pH=8,5—9,5; аммоний хлористый — 15—17; моноэтаноламин — 100—120; палладий (на металл) — 28—30.

9. Аммиак — до pH=8,5—9,5; аммоний хлористый — 5—10; малеиновый ангидрид — 0,1; палладий хлористый — 50—80; хинолин — 0,1 мл/л. Проработка после введения добавки — 10—15 мин.

10. Осаждение палладия. Аммиак — до pH=8—9; натрия нитрит — 40—80; палладий (на металл) — 10—16; сульфаминовая кислота — 70—100; хлористый аммоний или натрий — 50—100.

Покрытие рутением. 1. Мелкокристаллический осадок рутения (г/л). Сульфаминовая кислота — 40—50; аммонийный нитрозопентахлорорутенат (на металл) — 0,5—4.

Из электролита, содержащего 50 г/л сульфаминовой кислоты и 2 г/л аммонийного нитрозопентахлорорутената (на металл), при t=20—70° С и $D_к$=0,5—10 А/дм² получают рутениевые покрытия толщиной до 5 мкм, высокого качества, антикоррозионные, на медной фольге, бронзе, железе, цинке, алюминии, дюралюминии.

2. Осаждение сплава никель—рутений. Рутений (металл) — 0,1—8; хлористый никель — 1—80; хлористый аммоний — 30—10; хлористый калий — 3,5—3,8; перекись водорода — 1—1,1; соляная кислота до pH=1,0—1,8. t=15—40° С; $D_к$=3—9 А/дм².

Катод — покрываемая деталь из меди, латуни, серебра и других металлов. Анод — любой нерастворимый металл, например платина, родий.

При приготовлении электролита сначала необходимо растворить рутений в соляной кислоте на переменном токе. Осаждаемый сплав содержит от 5 до 40% рутения.

Покрытие плотное, блестящее, толщиной 40 мкм с H_μ=800—1000 кгс/мм² и большей коррозионной стойкостью по сравнению с никелевым покрытием.

Покрытие различными сплавами. 1. Покрытие сплавом селен—висмут. Селенистая кислота — 0,5—15; азотнокислый висмут — 1—53; азотная кислота — 188—189. Для электроосаждения сплава используют электролизер с двумя полихлорвиниловыми диафрагмами, отделяющими катодное пространство от двух анодных, с платиновыми анодами и катодом из платины или медной пластинки, гальванически покрытой висмутом. Состав и компактность катодного осадка зависят от соотношения концентраций селенистой кислоты и азотнокислого висмута в электролите и от плотности тока.

Компактные блестящие осадки сплава селен—висмут толщиной до 5 мкм, имеющие в своем составе 38—39% вес. селена, получают из электролита состава (г/л): селенистая кислота — 3,2; азотнокислый висмут — 12,1; азотная кислота — 189 при t=20° С и $D_к$=20 мА/см². Сплав имеет полупроводниковые свойства.

2. Осаждение рения из расплава. Покрытие производят из гексахлоррената калия или цезия. Толщина может достигать нескольких миллиметров при осаждении на графит. Гексахлорренат получают восстановлением водных солянокислых растворов рениевой кислоты йодистым калием или цезием. Электролиз ведут из расплавленной смеси безводных хлорида и гексахлоррената калия, помещенной в пробирку из кварцевого стекла. Концентрация гексахлоррената калия — 15—25% вес. Над расплавом поддерживают инертную атмосферу (очищенный аргон или гелий). Анодом служит графитовая корзина (тигель), в которую насыпают порошок металлического рения. Температура расплава — 800—900° С. Катодами могут служить графит, платина, вольфрам, рений. $D_к$=0,02—0,1 А/см² (предпочтительно 0,05 А/см²). Токоподвод к катоду защищают широкой трубкой из кварца, нижний конец которой погружают в электролит на глубину не менее 5 мм ниже уровня расплава. Получают беспористые, плотные осадки рения толщиной более 0,5 мм и трубки из рения с внутренним диаметром 3—6 мм и толщиной стенок 0,2—0,5 мм; H_μ=290—320 кгс/мм².

15. СОСТАВЫ ЭЛЕКТРОЛИТОВ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ РАЗЛИЧНЫМИ СПЛАВАМИ

(г/л)

1. Покрытие сплавом германий—железо. Германий (в виде двуокиси) — 0,1—1; железо (в виде сульфата) — 0,1—1; оксалат аммония — 5—10; серная кислота — до pH=1,5; t=25—80° С; $D_к$=1—5 А/дм². Вместо оксалата аммония можно использовать пирофосфат аммония.

Электролит состава: германий — 0,1; железо — 0,1; пирофосфат аммония или оксалат аммония — 10. При $D_к$=2 А/дм² и t=20° С выделяются осадки с содержанием германия 67% при выходе по току 10%; извлечение составляет 94%. Можно также получать порошки сплава германий — железо различного состава (содержание германия — до 80%).

2. Покрытие — сплав железо—фосфор. Твердые, износостойкие покрытия с низким внутренним напряжением получают в составе: хлористое железо — 150—350; соляная кислота — 1—2,4; гипофосфит натрия (калия) — 3,5—7,0; сахарин — 3—4. t=60—85° С; $D_к$=10—35 А/дм²; H_μ=850—950 кгс/мм²; износостойкость приближается к износостойкости хромовых покрытий. Толщина покрытий — до 1 мм при скорости осаждения 0,2 мм/ч.

3. Покрытие сплавом железо—вольфрам—кобальт. Железо хлористое — 100—130; кобальт хлористый — 10—150; натрий вольфрамокислый — 15—75; аммоний сернокислый — 50—100; магний сернокислый — 50—100; винная кислота — 12—60. pH=1,1—1,8; t=20—80° С; $D_к$=10—30 А/дм². Растворимые аноды из малоуглеродистой стали. Сплав содержит 15—35% кобальта, 10—30% вольфрама, остальное — железо. Q=0,1—0,22 мм/ч. Микротвердость осадков H_μ колеблется от 200 до 540 кгс/мм².

4. Покрытие сплавом индий — галлий. Хлористый индий —50—150; хлористый галлий — 2,5—25; глицин — 30—60; фенол — 0,3—1. t=15—21° С; $D_к$=2—6 А/дм².

Содержание галлия в сплаве — от 0,1 до 8%. Осадки сплава — мелкокристаллические, хорошо сцепленные с основой. Электролит устойчив в работе и обеспечивает получение покрытия хорошего качества толщиной до 30 мкм.

5. Покрытие сплавом индий—свинец. Хлористый индий — 25—50; азотнокислый свинец — 5—25; сернокислый аммоний — 200—300; полиэтиленполиамин — 100—200. t=18—25° С; $D_к$=0,2—3 А/дм².

Электролит готовят следующим образом. Расчетное количество соли свинца и индия растворяют в воде, затем готовят раствор полиэтиленполиамина в воде и растворяют в нем соль аммония. Полученные растворы смешивают и доводят до нужного объема. Электролит состава: хлористый индий — 25; азотнокислый свинец — 20; сернокислый аммоний — 200; полиэтиленполиамин — 150. t=20° С; $D_к$=1 А/дм². Осаждают покрытие сплавом индий—свинец с содержанием индия 10%. При $D_к$=2 А/дм² получают сплав, содержащий 30% индия. Покрытие сплавом индий — свинец мелкокристаллическое, плотное.

6. Покрытие сплавом кадмий—селен. Сернокислый кадмий — 9,0—10,2; селенистая кислота — 1,3—1,8; серная кислота — до pH≈0. t=20° С; $D_к$=5—15 мА/см².

7. Покрытие сплавом кобальт—вольфрам. Кобальт сернокислый — 100—150; вольфрамат калия — 8—12; магний сернокислый — 50—100; борная кислота — 25—35; гуммиарабик — 0,1—0,6. pH=4,5—5,5; t=30—50° С; $D_к$=0,3—0,8 А/дм². Осадки сплава — ровные, блестящие, коррозионностойкие. Электролит стабилен, что обеспечивает стабильность магнитных свойств получаемых покрытий.

8. Покрытие сплавом медь—сурьма. Цианистая медь (в пересчете на металл) — 50—100; цианистый калий (своб.) — 30—50; окись сурьмы (порошок) — 20—40; сегнетова соль—40—80. pH=11—12; t=20±4° С; $D_к$=0,2—0,4 А/дм².

9. Покрытие сплавом селен—теллур. Селенистая кислота — 1,0—10; теллуристая кислота — 2,0—14. t=20° С; $D_к$=5—30 мА/см². Для подкисления раствора вводят серную кислоту. Аноды — платина, катод — медная пластинка, гальванически покрытая платиной или серебром.

10. Покрытие сплавом серебро—кадмий. Серебро (на металл) — 1,7—5,4; кадмий (на металл) — 17—20,8; трилон Б — 100—120; едкое кали до pH=8,5—9,5. t=20° С; $D_к$=0,5—3 А/дм². Анод — платина.

11. Покрытие сплавом хром—селен. Хромовый ангидрид — 2,5—3,0; селеновая кислота — 0,05—0,2; теллуровая кислота — 0,01—0,1. t=20—25° С; $D_к$=40—90 А/дм².

Осаждаются плотные светлые покрытия, содержащие 12—15% селена и 4—15% теллура с выходом по току η=50—60%.

12. Осаждение сплава серебро—сурьма. Калий железистосинеродистый ($3H_2O$) — 200; калий роданистый — 100; калий углекислый — 40; сегнетова соль — 160; серебро (на металл)—30—35; сурьма (на металл)—15—20. $D_к$=0,5—1,5 А/дм².

13. Осаждение сплава хром—молибден (до 1% Mo). Молибденовая кислота — 20—30; серная кислота — 2,5; хромовый ангидрид — 250. t=40° С; $D_к$=40—50 А/дм², в спокойной ванне.

14. Осаждение марганца. Аммоний сернокислый — 10—150; марганец металлический — 0,3—0,5; марганца сульфат — 70—80; селенистая кислота — 0,1—0,5. t=15—38° С; $D_к$=14—15 А/дм². Улучшенное сцепление с легкоокисляющимися металлами.

15. Осаждение сплава германий—железо — никель:

	А	Б
Германий (на металл)	1—15	14
Железо (на металл)	1—15	7
Никель (на металл)	0,1—1	0,2
Серная кислота — до pH	1,2—1,5	1,5

(А) — t=50—80° С; $D_к$=10—50 А/дм²; (Б) — конкретный состав: при t=60° С; $D_к$=20 А/дм²; τ=30 мин получают осадок (%): германий — 54; железо — 38,5; никель — 7,5.

16. Осаждение сплава серебро—кадмий. Кадмий (на металл) — 15—27; калий железистосинеродистый — 100—120; калий углекислый — 20—30; полиэтиленполиамин (основание) — 50—100; серебро (на металл) — 4—20; трилон Б — 1,5—2. t=18—25° С; $D_к$=0,1—0,8 А/дм² без перемешивания и 0,3—1,5 А/дм² с перемешиванием. Анод — сплав серебро — кадмий того же состава. При покрытии медных и латунных контактов из электролита, содержащего более 7 г/л серебра, их предварительно серебрят в составе: калий железистосинеродистый — 80—100; калий углекислый — 15—20; серебро (на металл) — 3—4 при t=18—25° С и $D_к$=0,1 А/дм² 3—5 мин.

Состав и компактность катодного осадка зависят от концентрации серебра и кадмия в электролите и плотности тока. Так, сплав, содержащий 72% кадмия, можно получить при $D_к$=0,4 А/дм² из электролита, содержащего 10 г/л серебра и 27 г/л кадмия.

Перемешивание электролита, как и повышение его температуры, увеличивает содержание серебра в сплаве.

17. Осаждение сплава олово—висмут:

Бутилнафталинсульфонат натрия	1—3	3	3—5
Висмут азотнокислый	0,8—2,0	0,8	2
Олово сернокислое	40—80	50	75
Серная кислота	80—100	100	100
t, °С		15—35	
$D_к$, А/дм²	0,5—0,8	0,5	0,7

Покрытия блестящие, с хорошей адгезией, без пор. Содержание висмута в сплаве изменяется от 1 до 4% в зависимости от $D_к$ и концентрации висмута в электролите.

16. СОСТАВЫ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ КОМПОЗИТНЫМИ СПЛАВАМИ

Композитными условно называются металлопокрытия, включающие в свой состав кроме металлов также и неметалли-

ческие вещества, равномерно распределенные в объеме нанесенного металла (в форме дисперсных частиц, микроволокон и т. п.). Подобные покрытия обладают рядом ценных технических свойств, которые трудно получить в однородных металлах. Наиболее резко возрастает способность у таких покрытий противостоять истиранию (износостойкость, абразивостойкость), чем обусловливается интенсивное развитие их применения в области повышения износостойкости поверхностей деталей машин.

Принцип создания таких покрытий (реализуемый в множестве вариантов) заключается в создании суспензии электролит — дисперсные твердые частицы и поддержании этих частиц во взвешенном состоянии в течение всего времени гальванического отложения покрытия. При этом твердые частицы увлекаются осаждаемым металлом, закрепляются в нем и образуют единый новый композитный материал.

Ниже приводятся рецепты нескольких составов для нанесения композитных покрытий.

Составы покрытий для осаждения металлокерамических осадков железа (г/л). 1. Окись алюминия (электрокорунд ЭБ9, ЭБ9а, М7)— 75—100; хлористое железо — 600—700. pH=0,8—1,1; t=40° С; $D_к$=20—30 А/дм². Осадки содержат 8—10% окиси алюминия и имеют твердость H_μ=520—540 кгс/мм².

2. Карбид кремния (М20, М28) — 80—100; хлористое железо — 600—700. Режим тот же, что в (1).

3. Нанесение комбинированных композитных покрытий. Основной состав: борная кислота — 30; никель сернокислый — 300; никель хлористый — 45. pH=3—3,5; t=20° С; $D_к$=3 А/дм².

Суспензионная часть: порошки карбидов титана, вольфрама, хрома, окислов металлов, карбида кремния. Концентрация — 30—50 г/л. При работе поддерживается перемешивание во взвешенном состоянии.

4. Нанесение композитных никелевых покрытий. Борная кислота — 30; никеля сульфат ($7H_2O$) — 300; никеля хлорид ($6H_2O$) — 60.

При 100 г/л дисперсных частиц окислов алюминия, кремния, циркония, титана и др. и $D_к$=2—10 А/дм² получают хорошие покрытия; при $D_к$=6 А/дм² можно вводить от 300 до 1000 г/л дисперсных частиц.

5. Электролит серебрения для получения композитных осадков. Комплексная соль — 30—50; цианистый калий (своб.) — 50—100; углекислый калий — 30—60; окисел металла (порошок) — 50—100. t=20° С; $D_к$=1—1,5 А/дм². Окисел металла — окись бериллия, двуокись титана, окись кобальта.

6. Покрытие композитным осадком серебро — бериллий. Дицианоаргентат калия (в пересчете на металл) — 30—50; цианистый калий (своб.) — 50—100; углекислый калий — 30—60; окись бериллия (порошок) —50—100. t=20° С; $D_к$=1,0—1,5 А/дм². Перемешивание.

Покрытие содержит 0,15—0,5% окиси бериллия; твердость H_μ=120—140 кгс/мм²; износостойкость в 1,5—2 раза выше, чем серебряных покрытий. При введении в этот электролит вместо окиси бериллия двуокиси титана при тех же условиях получают покрытия, содержащие 1—2,5% двуокиси титана, микротвердость до 125 кгс/мм²; износостойкость их в 2 раза выше, чем обычного серебра. При введении в электролит вместо бериллия окиси кобальта получают покрытия, содержащие 0,3—0,5% окиси кобальта, имеющие твердость 130—135 кгс/мм² и износостойкость в 2—3 раза выше, чем обычного серебра. Предложенные окислы металлов, вводимые в электролит, могут быть использованы для многих других гальванических покрытий.

Некоторые индексы МКИ, которыми содержание главы XVII классифицируется в патентной литературе:

C23 Обработка металлов немеханическими способами; покрытие изделий металлами

C23b Электролитическая обработка поверхности и нанесение покрытий, например гальваностегия

- 5/00 Электролитическое нанесение покрытий путем осаждения металлов (гальваностегия)
- 5/04 железа
- 5/06 хрома
- 5/08 никеля или кобальта
- 5/10 цинка или кадмия
- 5/14 олова
- 5/16 свинца
- 5/28 золота
- 5/32 сплавов
- 5/50 нанесение нескольких слоев одинаковых или различных металлов

Некоторые индексы УДК, которыми содержание главы XVII классифицируется в печатных изданиях:

621.357 Промышленная электрохимия Гальванопластика и гальваностегия

621.357.7 Гальваностегия

НЕКОТОРЫЕ ВЕЩЕСТВА И МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В СОСТАВАХ, ПРИВЕДЕННЫХ В СПРАВОЧНОМ ПОСОБИИ

Абразивные материалы. ГОСТ 3647-71 — Классификация по крупности.

Азот — газ. ГОСТ 9293-74 (Т) — газообразный и жидкий.

Азотная кислота. ГОСТ 4461-67 (Р); ГОСТ 701-68(Т)); ГОСТ 11125-73.

Ализариновое масло. Масло касторовое сульфированное. ГОСТ 6990-54.

Алмазный порошок. ГОСТ 9206-70 — порошки.

Алюминий металлический — порошок; ГОСТ 11069-74; ГОСТ 10096-62; ГОСТ 5494-71.

Алюминий сернокислый. ГОСТ 12966-67 (Т); ГОСТ 5155-49(Т).

Алюминий фтористый. ГОСТ 19181-73(Т).

Аммиак — газ. ГОСТ 6221-70 — жидкий синтетический.

Аммиак водный технический. ГОСТ 9-67 (Т); ГОСТ 786-68.

Аминный отвердитель. ТУ 6-01-92-66.

Аммоний азотнокислый. ГОСТ 3761-72 (Р); ГОСТ 14702-69; ГОСТ 2-65.

Аммоний йодистый. ГОСТ 3764-64 (Р).

Аммоний роданистый. ГОСТ 3768-64 (Р).

Аммоний фтористый. ГОСТ 4518-60 (Р).

Аммоний фтористый кислый. ГОСТ 9546-60 (Р).

Аммоний хлористый. Нашатырь. ГОСТ 2210-73 (Т); ГОСТ 3773-72 (Р).

Ангидрид борный. ГОСТ 10068-62 (Р).

Ангидрид фталевый [ФАН]. ГОСТ 5869-67; ГОСТ 7119-54.

Ангидрид хромовый. ГОСТ 2548-69 (Т); ГОСТ 3776-68 (Р).

Анилин солянокислый. [АСК]. ГОСТ 5243-68 (Т); ГОСТ 5822-69 (Р).

Асбест. ГОСТ 12871-67 хризотиловый А. СТУ 149-63 голубой А. СТУ 49-161-62 антофиллитовый А.

Ацетон. ГОСТ 2768-69 (Т); ГОСТ 5.845-71 — требования. ГОСТ 2603-71 (Р).

Аэросил. ГОСТ 14922-69; ГОСТ 5.638-70.

Бакелит жидкий. ГОСТ 4559-71.

Барий сернокислый. ГОСТ 3158-65 (Р); ГОСТ 11380-65. ГОСТ 5694-68.

Барий углекислый. ГОСТ 2149-65 (Т); ГОСТ 4158-72 (Р).

Барий фтористый. ГОСТ 7168-65 (Р).

Барий хлористый. ГОСТ 742 (Т).

Белая сажа. ГОСТ 18307-72; ТУ 6-18-97-71; ТУ 6-18-90-70.

Бензины. ГОСТ 1012-72; ГОСТ 2084-67; ГОСТ 3134-52; ГОСТ 8505-57; ГОСТ 443-56.

Бензол. ГОСТ 9572-68; ГОСТ 8448-61; ГОСТ 5955-68; ГОСТ 5.1046-71.

Бензолсульфокислота [БСФК]. ТУ МХП 307—54.

Бентонит. ГОСТ 7032-54.

Битумы нефтяные. ГОСТ 781-68; ГОСТ 11954-66; ГОСТ 11955-66; ГОСТ 6617-56.

Бор. ТУ 6-08-172-70 — аморфный бор.

Борная кислота. ГОСТ 18704-73 (Т); ГОСТ 9656-61 (Р).

Бура. ГОСТ 8429-69 (Т); ГОСТ 10.60-71 (Т); ГОСТ 4199-66 (Р).

Бутанол. ГОСТ 5208-74 (Т); ГОСТ 6006-73 (Р); ГОСТ 13035-67.

Бутилметакрилат [БМАК]. ГОСТ 16756-71.

Бутилцеллозольв. Монобутиловый эфир этиленгликоля. ГОСТ 8313-60.

Вазелин. ГОСТ 782-59; ГОСТ 5774-51; ГОСТ 3582-52.

Вазелиновое масло. ГОСТ 3164-52—масло вазелиновое медицинское.

Ванадиевый ускоритель. ТУ П-523-67 — ускоритель В.

Винная кислота. Диоксиянтарная кислота. ГОСТ 5817-69 (Р).

Висмут. ГОСТ 10928-64.

Водород — газ. ГОСТ 3022-70 — водород технический.

Воск АФ-1. ВТУ Мз-13-62.

Воск буроугольный — СТУ 191-62.

Воск горный (озокерит). МРТУ 38-Н54-65.

Воск защитный — ЗВ-1. МРТУ 38-1-160-65.

Воск пчелиный. Натуральный (ВТУ 2468-58); ТУ РСФСР 46-19-69.

Воск сибирский. ОМ-1 МРТУ 38-1-236-66; ОМ-7 ТУ 38-1018-70.

Воск технический. ТУ РСФСР 46-18-69.

Гашеная известь. ГОСТ 9179-70; ГОСТ 9262-66; ТУ 6-18-85-70.

Гексаметафосфат натрия. ТУ 6-08-230-72.

Гексаметилендиамин. МРТУ 6-01-330-69.

Гексаметилентетрамин. [ГМТА]. ГОСТ 1381-73 (Т) — уротропин.

Гексахлорэтан. Углерод шестихлористый. Перхлорэтан. ГОСТ 9991-74.

Гематит (кровавик). МРТУ 41-4-70; МРТУ 41-3-70.

Гидразин солянокислый. ГОСТ 5856-65 (Р).

Гидрохинон (1,4-диоксибензол). ГОСТ 19627-74.

Гипс. ГОСТ 125-70; ГОСТ 4746-49; ГОСТ 5.1845-73.

Гипериз (гидроперекись изопропилбензола). МРТУ 38-2-5-66.

Глет свинцовый. ГОСТ 5539-73.

Глина формовочная. ГОСТ 3226-65.

Глина огнеупорная. ГОСТ 9169-59; ТУ 14-8-13-71.

Глинозем. ГОСТ 6912-64 (Т); ГОСТ 11841-66 (Р).

Глицерин. ГОСТ 6823-54; ГОСТ 6259-71 (Р); ГОСТ 6824-54; ГОСТ 5.2043-73; ТУ 6-01-504-70. ГОСТ 6824-54.

Глюкоза. ГОСТ 975-63; ГОСТ 6038-51 (Р).

Графиты. ГОСТ 17022-71. ГОСТ 18191-72; ГОСТ 8295-73; ТУ 48-01-21-70.

Графит коллоидный. ГОСТ 5245-50; ГОСТ 5262-50; ГОСТ 5261-50.

Двуокись кремния аморфная. ГОСТ 9428-73 — безводная.

Двуокись углерода. ГОСТ 12162-66 — твердая; ГОСТ 8050-64 — сжиженная.

Декстрин. Амилин. Крахмальный клей. ГОСТ 6034-74.

Диатомит (инфузорная земля, кизельгур). МРТУ 6-08-189-70.

Дибутилсебацинат [ДБСЦ]. Бутилсебацинат. ГОСТ 8728-66.

Дибутилфталат [ДБФ]. Бутилфталат. ГОСТ 2102-67 (Р).

Дизельное топливо. ГОСТ 4749-73; ГОСТ 305-73.

Диметиланилин [ДМА]. ГОСТ 2168-71 (Т); ГОСТ 5855-70 (Р).

Диметилфталат [ДИМФ]. Метилфталат. ГОСТ 8728-66; ГОСТ 5.1557-72.

Диоктилсебацинат [ДИОС]. ГОСТ 8728-66; ГОСТ 19096-73.

Диоктилфталат [ДИОФ]. ГОСТ 8728-66.

Дистен-силлиманит. МРТУ 48-11-2-66.

Дифенилгуанидин [ДФГУ]. ГОСТ 40-67 (Т); ГОСТ 5.1350-72.

Дифенилолпропан. ГОСТ 12138-66 (Т).

Дихлорэтан. Этилен хлористый. ГОСТ 1942-63.

Диэтиламин солянокислый [ДИЭСК]. ГОСТ 13279-67 (Р).

Диэтиланилин [ДЭА]. Диэтиламинобензол. ГОСТ 10162-62 (Р).

Диэтилдикаприлат олова. МРТУ 6-02-417-67.

Диэтиленгликоль. Диоксидиэтиловый эфир. ГОСТ 10136-62.

Диэтиленгликольуретан [ДГУ]. ТУ 6-03-267-70.

Дициандиамид [ДЦДА]. ГОСТ 6988-73 (Т).

Доломит. МЗ РТУ 1-65 — мука доломитовая.

Желатин(а). ГОСТ 11293-65; ГОСТ 10.53-71; ГОСТ 4821-49; ГОСТ 317-63.

Железный порошок. ГОСТ 9849-61.

Железо карбонильное. ГОСТ 13610-68.

Железоаммонийфосфат [ЖАФ]. ТУ 48-01-8-70; ТУ 48-01-43-71.

Жидкость ГКЖ-94. ГОСТ 10834-64.

Жидкое стекло. ГОСТ 13079-67; ГОСТ 13078-67; ТУ 6-18-83-70; ГОСТ 8264-56.

Зеленое масло. ГОСТ 2985-64.

Идитол (новолак). ГОСТ 18694-73.

Ильменит. ГОСТ 4414-48 — концентрат ильменитовый (титановый).

Инден-кумароновые смолы. ГОСТ 9263-66.

Йод. ГОСТ 4159-64. ГОСТ 545-71 (Т).

Кадмий. ГОСТ 1467-67.

Кадмий хлористый. ГОСТ 4430-66 (Р).

Казеин. Белок из коровьего обезжиренного молока. ГОСТ 17626-72 (Т).

Каменноугольная смола. ГОСТ 4492-69.

Канифоль. ГОСТ 19113-73 — сосновая; ГОСТ 14201-73 — талловая.

Калий азотистокислый. Калий нитрит. ГОСТ 4144-65 (Р).

Калий азотнокислый. Калий нитрат. ГОСТ 1949-65 (Т); ГОСТ 4217-73 (Р).

Калий-алюминий сернокислый. ГОСТ 4329-68 (Р); ГОСТ 15028-69 (Т).

Калий борфтористый. Тетрафторборат калия. ГОСТ 9532-60 (Р).

Калий бромистый. ГОСТ 4160-65 (Р).

Калий бромноватокислый. ГОСТ 4457-74 (Р).

Калия гидрат окиси. Кали едкое. ГОСТ 9285-69 (Т); ГОСТ 5.1665-72; ГОСТ 4203-65. (Р).

Калий двухромовокислый. ГОСТ 2652-71 (Т); ГОСТ 4220-65 (Р).

Калий железистосинеродистый. Желтая кровяная соль. ГОСТ 6816-72 (Т); ГОСТ 4207-65 (Р).

Калий йодистый. ГОСТ 4232-65 (Р).

Калий кремнефтористый. ТУ 6-09-1650-72.

Калий лимоннокислый. ГОСТ 9189-73 (Р); ГОСТ 9190-73 (Р); ГОСТ 5538-72 (Р).

Калий марганцовокислый. ГОСТ 5777-71 (Т); ГОСТ 4527-65 (Р).

Калий-натрий виннокислый. ГОСТ 5845-70 (Р).

Калий роданистый. Калий тиоцианово-кислый. ГОСТ 4139-65 (Р).

Калий титанофтористоводородный. ГОСТ 9655-65 (Р).

Калий углекислый. ГОСТ 10690-73 (Т); поташ ГОСТ 4221-65 (Р).

Калий фтористый. ГОСТ 4522-65 (Р).

Калий фтористый кислый. Калий бифторид. ГОСТ 10067-62 (Т).

Калий хлористый. ГОСТ 4568-74 (Т); ГОСТ 4234-69 (Р).

Калий хлорноватокислый. ГОСТ 2713-70 (Т); ГОСТ 4235-65 (Р).

Калий цианистый. ГОСТ 8465-69 (Т).

Кальций углекислый. Кальций карбонат (см. мел). ГОСТ 4530-66 (Р).

Кальций цианамид. ГОСТ 1780-74 (Т).

Каолин. ГОСТ 5138-61; ГОСТ 3314-63; ГОСТ 12500-67.

Капрон. ГОСТ 17165-71; ГОСТ 16008-70; ГОСТ 7850-63.

Карбамид. Мочевина. ГОСТ 2081-63 (Т); ГОСТ 6691-67 (Р).

Карбид бора. ГОСТ 5744-74 (Т); ТУ 6-09-668-79.

Карбид кальция. ГОСТ 1460-56 (Т).

Карбинол (диметилвинилэтинилкарбинол — ДМВЭК). ГОСТ 6833-54 (Т).

Карбинольный сироп. Продукт нагрева ДМВЭК. ТУ 17-1731-71.

Карбоксиметилцеллюлоза [КМЦ]. ГОСТ 5.588-70. МРТУ 6-05-1098-67.

Карналлит. ГОСТ 16109-70 (Т).

Касторовое масло. ГОСТ 6757-73; ГОСТ 18102-72.

Катализатор № 18, МРТУ 6-02-382-66.

Катализатор К-1. МРТУ 6-02-359-66.

Кварц молотый пылевидный. ГОСТ 9077-59.

Керосин. ГОСТ 18499-73; ГОСТ 4753-68; ГОСТ 11128-65.

Кислород. ГОСТ 5583-68 — газообразный; ГОСТ 6331-68 — жидкий.

Клей костный. Клей малярный. ГОСТ 2067-71.

Клей мездровый. Клей столярный. ГОСТ 3252-46.

Кобальт. ГОСТ 123-67. ГОСТ 9721-71 — порошок.

Контакт Петрова. Нефтяные сульфокислоты. ГОСТ 463-53.

Копалы синтетические. ТУ 6-05-1392-70.

Корунды синтетические — рубин и лейкосапфир — ГОСТ 9618-61.

Крахмал. ГОСТ 7699-68; ГОСТ 7697-66.

Кремний кристаллический [Si]. ГОСТ 2169-69.

Криолит. ГОСТ 10561-73 (Т) — криолит искусственный.

Крокус. Дисперсная окись железа. ТУ 6-14-483-70.

Ксилол. ГОСТ 9410-71; ГОСТ 9949-62.

Кубовый остаток СЖК. ТУ 38-1-01-79-70.

Лимонная кислота. ГОСТ 3652-69 (Р); ГОСТ 908-70.

Литий углекислый. Литий карбонат. МПТУ 2277-49.

Литий фтористый. ТУ 6-09-170-70 (х. ч.) ТУ 6-09-448-70 (ч).

Литий хлористый. МПТУ 3043-61.

Литопон [BaS·ZnS]. ГОСТ 907-72 (Т).

Магний. ГОСТ 804-72 — магний первичный.

Магний сернокислый. ГОСТ 4523-67 (Р).

Магний фтористый. ГОСТ 7204-67 (Р). МРТУ 6-08-15-66 (Т).

Магния окись. ГОСТ 844-73; ГОСТ 1216-41 (Т).

Малеиновый ангидрид [МАН]. ГОСТ 5854-68 (Р); ГОСТ 11153-65 (Т).

Марганец металлический. ГОСТ 6008-51.

Масла индустриальные. Масла «ИС». ГОСТ 8675-62.

Масло Вапор. ГОСТ 6411-52.

Масло «Л». ГОСТ 1840-51 — (б. масло «Велосит»).

Масло льняное. Растительное высыхающее масло. ГОСТ 5791-66.

Масло машинное СУ. МРТУ 38-1-233-60.

Медь металлическая. ГОСТ 859-66; ГОСТ 4960-68.

Медь сернокислая. ГОСТ 2142-67 (Т); ГОСТ 4165-68 (Р).

Мел — см. кальций углекислый. ГОСТ 12085-73; ГОСТ 1498-64; ГОСТ 842-52; ГОСТ 8253-72.

Метафенилендиамин [МФДА]. ГОСТ 5826-68.

Метиленхлорид. Дихлорметан. ГОСТ 9968-73.

Метилтетрагидрофталевый ангидрид [МТГФА]. МРТУ 6-09-2818-66.

Метилэтилкетон [МЭК]. 2-бутанон. ГОСТ 2280-64.

Молибден. ГОСТ 18905-73 — проволока. ТУ 48-42-10.2-71 — порошок.

Молочная кислота. ГОСТ 490-41.

Мономер ФА. Фурфуролацетоновая смола. МРТУ 6-05-945-64.

Моноэтаноламин [МЭА]. Этаноламин. МРТУ 6-02-471-68.

Мрамор. Основа $CaCO_3$. ГОСТ 4416-73.

Мука древесная [МДРВ]. ГОСТ 16361-70 — ГОСТ 16362-70.

Мука известняковая. ГОСТ 14050-68.

Мука пищевая. ГОСТ 16439-70; ГОСТ 12306-66.

Мумия природная. Природные глины. ГОСТ 12236-66.

Муравьиная кислота. ГОСТ 1706-68 (Т); ГОСТ 5848-73 (Р).

Мылонафт (см. нефтяные кислоты). ГОСТ 13302-67.

Мыло олеиновое. ГОСТ 8252-56.

Натрий азотистокислый. ГОСТ 6194-69 (Т); ГОСТ 4197-74 (Р).

Натрий азотнокислый. ГОСТ 828-68 (Т); ГОСТ 4168-66 (Р).

Натрий бромистый. ГОСТ 4169-66 (Р).

Натрий кремнекислый (мета). ГОСТ 4239-66 (Р).

Натрий кремнефтористый. ГОСТ 87-66 (Т); ГОСТ 10.54-71; ТУ 6-09-1461-71.

Натрий роданистый. Натрий тиоциановокислый. ГОСТ 10643-63.

Натрий сернистокислый. ГОСТ 5644-66 (Т); ГОСТ 195-66 (Р); 429-66 (Р).

Натрий сернистый. ГОСТ 596-70 (Т); ГОСТ 2053-66 (Р).

Натрий серноватистокислый. ГОСТ 244-68 (Т); ГОСТ 4215-66 (Р).

Натрий сернокислый. ГОСТ 1363-47 (Т); ГОСТ 6319-52 (Т); ГОСТ 6318-68 (Т); ГОСТ 4166-66 (Р).

Натрий углекислый. Сода кальцинированная. ГОСТ 10689-70 (Т); ГОСТ 5100-73 (Т); ГОСТ 83-63 (Р); ГОСТ 84-66 (Р).

Натрий уксуснокислый. ГОСТ 2080-63 (Т); ГОСТ 199-68 (Р); ГОСТ 5.998-71.

Натрий фосфорнокислый двузамещенный. ГОСТ 451-54 (Т); ГОСТ 4172-66 (Р); ГОСТ 11773-66 (Р).

Натрий фосфорнокислый трехзамещенный. ГОСТ 201-58 (Т); ГОСТ 9337-60 (Р).

Натрий фтористый. ГОСТ 2871-67 (Т); ГОСТ 4463-66 (Р).

Натрий хлористый. ГОСТ 13830-68 (Т); ГОСТ 13284-67 (Т).

Натрий цианистый. ГОСТ 8464-69 (Т); ТУ 6-03-316-72 — чистый.

Натрий циановокислый. ТУ 6-09-840-71 — чистый.

Натрий щавелевокислый. Натрий оксалат. ГОСТ 5839-68 (Р).

Натрий этилендиаминотетрауксусный. Трилон Б. ГОСТ 10652-73 (Р).

Натрия гидрат окиси. Натр едкий. ГОСТ 2263-71 (Т); ГОСТ 11078-71; ГОСТ 4328-66 (Р).

Нафтеновые кислоты — вид нефтяных кислот. ГОСТ 13302-67.

Нефелин. Натриево-калиевый алюмосиликат. ТУ 58-05-42-71.

Низкомолекулярные полиамидные смолы. МРТУ 6-05-1123-68.

Никель-аммоний сернокислый. ГОСТ 4464-61 (Р).

Никель металлический. ГОСТ 849-70. ГОСТ 492-73.

Ниобий. ГОСТ 16099-70; ГОСТ 16100-70.

Окись кальция. ГОСТ 8677-66 (Р).

Олеиновая кислота. Олеин. ГОСТ 7580-55.

Олифы. ГОСТ 7931-56; ГОСТ 8040-56.

Олово. ГОСТ 860-60; ГОСТ 9723-73.

Олово двухлористое. ГОСТ 4780-72 (Т); ГОСТ 36-68 (Р).

Органическое стекло. Метилметакрилат. ГОСТ 15809-70.

Парафины. ГОСТ 16960-71; ГОСТ 13577-71.

Параформ (параформальдегид). МРТУ 6-05-930-65.

Паста кожевенная. ГОСТ 5344-50.

Пек каменноугольный. ГОСТ 1038-65; ГОСТ 10200-73.

Перекись бензоила [ПБНЗ]. ГОСТ 14888-69.

Перекись марганца. Пиролюзит. ГОСТ 4470-70.

Перекись метилэтилкетона [ПМЭК]. ТУ 6-01-465-70.

Песок кварцевый. ГОСТ 7031-54; ГОСТ 4417-48; ГОСТ 2138-74.

Петролатум. ГОСТ 4096-62.

Петролатум окисленный. МРТУ 12Н-64-63.

Полиамидные смолы. ГОСТ 10589-73.

Полибутилметакрилат. МРТУ 6-05-911-63; ТУ 6-01-252-68.

Поливинилацетат [ПВАЦ]. МРТУ 6М-890-62; ТУ МХП 1376-60; ГОСТ 18992-73. МРТУ 6-10-1081-70.

Поливинилацетатная эмульсия. ГОСТ 18992-73.

Поливинилбутираль [ПВБ]. ГОСТ 9439-73.

Поливиниловый спирт [ПВС]. ГОСТ 10779-69.

Поливинилхлоридные смолы [ПХВ]. ГОСТ 14332-69; ГОСТ 14039-68; ГОСТ 5.829-71.

Поливинилхлоридная хлорированная смола. ГОСТ 10004-72.

Полиизобутилен. ГОСТ 13303-67; ТУ 38-103159-73.

Полиметилметакрилат [ПММА]. МРТУ 6М-871-66; ТУ 6-05-1344-71.

Полистирол. ГОСТ 9440-60; МРТУ 6-05-957-68.

Полиэтилен [ПЭ]. ГОСТ 16338-70; ГОСТ 16337-70.

Полиэтиленполиамины [ПЭПА] ТУ 6-02-594-70; ТУ 6-05-1363-70.

Полиэфирные смолы [ПЭФ]. МРТУ 6-05-1082-67; МРТУ П-379-64. ТУ 6-05-1348-70.

Полевой шпат. ГОСТ 7030-67; ГОСТ 4422-73.

Порошки высоколегированных сталей и сплавов. ГОСТ 13084-67.

Порошки нержавеющих хромоникелевых сталей. ГОСТ 14086-68.

Портландцемент. ГОСТ 10178-62; ГОСТ 15825-70; ГОСТ 965-66.

Присадки активирующие. ГОСТ 12062 — ДФ 11; ГОСТ 9973-62-ЛЗ6/9; ГОСТ 11883-66 — ЛЗ 23К. РТУ НП-3-61 присадка 33-2; ГОСТ 8412-57 присадка 33-5.

Продукты ОП. ГОСТ 8433-57.

Пульвербакелит [ПБ]. ГОСТ 3552-63; ГОСТ 13507-68.

Пушечная смазка. ГОСТ 19537-74.

Резорцин. ГОСТ 9970-74 (Т); ГОСТ 9945-62 (Р).

Рубракс. ГОСТ 781-68.

Руда марганцевая. Основа MnO_2. ГОСТ 4418-48.

Сажа белая. ГОСТ 18307-72.

Сажа углеродная. ГОСТ 7848-55; ГОСТ 7885-68.

Салициловая кислота. ГОСТ 624-70 (Т); ГОСТ 5844-51 (Р).

Сахар. ГОСТ 21-57; ГОСТ 22-66; ГОСТ 2220-43.

Свинец. ГОСТ 3778-74; ГОСТ 16138-70.

Свинец сернокислый. Свинца сульфат. ГОСТ 10539-74 (Р).

Свинца окись. ГОСТ 9199-68 (Р).

Себациновая кислота. ГОСТ 15582-7 (Р).

Селен [Se_8]. ГОСТ 10298-69 (Т); ГОСТ 6738-71.

Сера [S_8]. ГОСТ 127-64; ГОСТ 10.71-72. ТУ 6-23-450-72; ГОСТ 5.75-68.

Серебро. ГОСТ 6836-72; ГОСТ 9724-61 — порошок.

Серная кислота. ГОСТ 2184-67 (Т); ГОСТ 667-73 (Т); ГОСТ 4204-66 (Р).

Силикагель. Ангидрид кремневой кислоты. ГОСТ 3956-54.

Силикомарганец. Сплав *Si* и *Mn*. ГОСТ 4756-70 (Т).

Синтетические жирные кислоты [СЖК]. ГОСТ 8622-57; ГОСТ 9975-62.

Скипидар. ГОСТ 1571-66; ГОСТ 16943-71; ГОСТ 5.66-68.

Слюда. ГОСТ 14327-69; ГОСТ 13319-67; ГОСТ 855-63.

Смазка (паста) ВНИИНП-232. ГОСТ 14068-68.

Смола МФ-1. МРТУ 6-05-1064-67 — водный раствор.

Смолы МФ, МФ-17, УКС. ГОСТ 14231-69.

Сольвент. ГОСТ 1928-67; ГОСТ 10214-62.

Соляная кислота. ГОСТ 857-69 (Т); ГОСТ 1382-69 (Т); ГОСТ 3118-67 (Р).

Соляровое масло. ГОСТ 1666-51.

Стеарин. ГОСТ 6484-64 (Т); ГОСТ 9419-73 (Р).

Стирол. ГОСТ 10003-67; ГОСТ 5.1283-72.
Стронций хлористый. ГОСТ 4140-74 (Р).
Сульфитно-спиртовая барда [ССБ]. ГОСТ 8518-57.
Сульфонаты. Натриевые соли алкилсульфокислот. ГОСТ 12390-66.
Сульфонолы — алкиларилсульфонаты. ГОСТ 12389-66.
Сульфофрезол. ГОСТ 122-54.
Сурик железный. Минеральный пигмент. ГОСТ 8135-74.
Сурик свинцовый. Смесь окислов свинца. ГОСТ 19151-73.
Сурьма. ГОСТ 1089-73.

Тальк. Водный силикат магния. ГОСТ 879-52; ГОСТ 6578-53; ГОСТ 13145-67.
Теллур. ГОСТ 17614-72 (Т). ГОСТ 18428-73.
Тиоколы жидкие [ТИОЖ]. ГОСТ 12812-72 — полисульфидные полимеры.
Титан металлический. ГОСТ 17746-72 — титан губчатый.
Титан четыреххлористый. Титан тетрахлорид. ГОСТ 17629-72 (Р).
Титана двуокись. Рутил. ГОСТ 9808-65.
Толуол. ГОСТ 14710-69; ГОСТ 9880-61; ГОСТ 5789-69 (Р); ГОСТ 11144-65.
Триэтаноламин. [ТЭА]. МРТУ 6-02-403-67.
Триэтаноламинтитанат. [ТЭАТ]. ТУ 6-09-3180-73.
Трихлорэтилен. ГОСТ 9976-70 (Т); ГОСТ 5.705-70.
Триэтиламин. ГОСТ 9966-73 (Т).

Углерод четыреххлористый. ГОСТ 4-65; ГОСТ 5.834-71.
Уголь древесный. ГОСТ 7657-55; ГОСТ 4453-74; ГОСТ 6217-52; ГОСТ 8703-74.
Уксусная кислота. ГОСТ 7077-54; ГОСТ 6968-66 (Т); ГОСТ 61-69 (Р).

Фенол. Кислота карболовая. ГОСТ 236-68 (Т); ГОСТ 11311-65 (Т); ГОСТ 5361-62; ГОСТ 6417-72 (Р).
Фенолоспирты. МРТУ 6-05-1164-69.
Ферробор. Сплав железа и бора. ГОСТ 14848-69.
Феррованадий. Сплав железа и ванадия. ГОСТ 4760-49.
Ферровольфрам. Сплав железа и вольфрама. ГОСТ 17293-71.
Ферромарганец. Сплав железа и марганца. ГОСТ 4755-70.
Ферромолибден. Сплав железа и молибдена. ГОСТ 4759-69.
Ферроникель. Сплав железа с никелем. ВТУ 48-04-35-72; ТУ 48-04-36-71.
Феррониобий. Сплав железа и ниобия. ГОСТ 16773-71.
Ферросиликохром — сплав железа, кремния и хрома. ГОСТ 11861-66.
Ферросилиций. Сплав железа и кремния. ГОСТ 1415-70.
Ферротитан. Сплав железа и титана. ГОСТ 4761-67.
Феррохром. Сплав железа с хромом. ГОСТ 4757-67.
Форстерит. Ортосиликат магния. ТУ 14-8-5.71.
Фосфорная кислота. ГОСТ 10678-63 (Т); ГОСТ 6552-58 (Р).
Фторапатит. Апатит. Природный минерал. ГОСТ 11901-66.
Фурфуриловый спирт. Фурилкарбинол. СТУ 89-257-65.
Фурфурол. ГОСТ 10437-71 (Т); ГОСТ 10930-64 (Р).

Хлороформ. ГОСТ 1539-64; ГОСТ 3160-51 (Р).
Хлорэндиковый ангидрид [ХЭА]. ТУ 6-01-303-69.
Хром металлический. ГОСТ 5905-67.
Хромит. Природный минерал. [Основа Cr_2O_3]. ГОСТ 10154-62.
Хромомагнезит. [Основа $Cr_2O_3 \cdot MgO$]. ГОСТ 5381-72.

Целлюлоза. ГОСТ 10126-74; ГОСТ 3914-60; ГОСТ 14940-69; ГОСТ 595-73.
Церезин. ГОСТ 7658-55; ГОСТ 11057-64; ТУ 6-02-767-73.
Церезиновая композиция. ГОСТ 3677-54.
Циклогексан. ГОСТ 14188-69 (Т).
Циклогексанол. ТУ 6-01-356-69 — ректификат.
Циклогексанон. МРТУ 6-03-201-67 — ректификат.
Цинк. ГОСТ 3640-65; ГОСТ 12601-67 — порошок.
Цинк фтористый. ТУ 6-09-42-70 — безводный.
Цинк хлористый. ГОСТ 7345-68 (Т); ГОСТ 4529-69 (Р).
Цинка окись. ГОСТ 10262-73 (Р); ГОСТ 202-62 — цинковые белила.
Циркон. [$ZrSiO_4$]. РСТ УССР 654-70; РСТ УССР 1343-70.
Циркония двуокись. МПТУ 4357-53.
Цемент высокоглиноземистый. ГОСТ 969-66; ГОСТ 11052-64;

Шамот — обожженная глина. ГОСТ 4385-68; ГОСТ 7151-74.
Шпат плавиковый. Кальций фтористый. ГОСТ 7618-70; ГОСТ 7167-68 (Р); ГОСТ 4421-73. ТУ 48-06-13-71.
Щавелевая кислота. ГОСТ 5.1173-71; ГОСТ 5873-68 (Р).

ЭВСЖС — эфиры (воски) СЖК 6 и выше.
Эламины. Продукты алкенилирования ГМД. ТУ 6IУ0.037.912.
Электрокорунд. ГОСТ 3647-71; ТУ 2-036-147-72; ОСТ 2-115-71; ТУ 48-01-36-71; ТУ 48-01-53-71; ТУ 48-01-51-71; ТУ 48-01-52-71.
Эмульсолы. ГОСТ 1975-53 — эмульсолы Э-1 (А), Э-2 (Б), Э-3 (В).
Эпоксидные смолы. ГОСТ 10587-72; ГОСТ 5.1408-72.
Этилацетат. Уксусный эфир. ГОСТ 8981-71 (Т).
Этиленгликоль. ГОСТ 11033-64 (Т); ГОСТ 10164-62 (Р).
Этиловый спирт. ГОСТ 5962-67; ГОСТ 131-67; ГОСТ 5963-67; ГОСТ 4448-71; ГОСТ 11547-65; ГОСТ 17299-71.
Этилсиликат-32. МРТУ 6-02-415-67.
Этилсиликат-40. МРТУ 6-02-641-71.
Этилцеллозольв. Моноэтиловый эфир этиленгликоля. ГОСТ 8313-60.
Этилцеллюлоза. МРТУ 6-05-1028-66.

ЛИТЕРАТУРА

К главе I

Голдовский М. Л. Применение пластмасс для изготовления литейной оснастки и исправления дефектов в отливках. В сб. «Полимеры в литейном производстве». МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1969, с. 90.

Кондратьев Ю. П. Технологическая оснастка из металлопластмасс. Л., Судпромгиз, 1963, с. 194.

Лакеев А. С., Борисов Г. П. Основы реологии модельных материалов для литья по выплавляемым моделям. Киев, «Наукова думка», 1971.

Литейно-модельная оснастка из эпоксидных и акриловых пластмасс. М., НИИинформтяжмаш, 1969.

Маркон Л. О., Стряпко В. П. Вакуумная металлизация пластмассовых прессформ. В сб. «Изготовление и применение технологической оснастки из пластмасс. М., НИИМАШ, 1967, с. 40.

Маркон Л. О., Шевченко А. Ф. Технология изготовления крупногабаритных пластмассовых моделей. В сб. «Изготовление и применение технологической оснастки из пластмасс». М., НИИМАШ, 1967, с. 44.

Найстетер Н. М. и др. Литейная оснастка с применением полимерных композиций. В сб. «Изготовление и применение технологической оснастки из пластмасс». М., НИИМАШ, 1967, с. 10.

Никитин Е. Г., Каляев М. М., Севрюков В. С. Литейно-модельная оснастка из композиций на основе фураново-эпоксидных смол. Обзор № 2/9-71, М., ГОСИНТИ, 1971.

Озеров В. А., Шуляк В. С., Плотников Г. А. Литье по моделям из пенополистирола. М., «Машиностроение», 1970.

Петряев С. В., Корсаков В. Д., Пилипенок Д. А. Применение фурановых смол для изготовления пластмассовых прессформ. ПНТПО № 5-68-1416/84. М., ГОСИНТИ, 1968.

Пилипенок Д. А. Применение эпоксидных смол при изготовлении прессформ для литья под давлением термопластов. В сб. «Изготовление и применение технологической оснастки из пластмасс». М., НИИМАШ, 1967, с. 57.

Просяник Г. В. Разработка синтетического клея для модельного производства. В сб. «Полимеры в литейном производстве». МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1969, с. 73.

Рац О. Изготовление стержней с применением фурановых смол. «Литейное производство», 1970, № 6, с. 2.

Румянцева Н. И., Жукова Н. А. Изготовление модельной оснастки из стеклопластика с пластмассовым и металлизированным рабочим слоем. В сб. «Изготовление и применение технологической оснастки из пластмасс». М., НИИМАШ, 1967, с. 53.

Таланкер Е. И. Материалы для подмодельных плит. «Литейное производство», 1970, № 1, с. 9.

Черепахов Н. Х., Моисеев А. Г., Перевозкин Ю. Л. Применение синтетических материалов в модельных сплавах для литья по выплавляемым моделям. В сб. «Полимеры в литейном производстве». МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1969, с. 65.

Чудновский А. Р. Изготовление отливок по моделям из пенопласта. Обзор. Серия С-Х-2. М., НИИМАШ, 1970.

Шевченко А. Ф. Технология изготовления металлопластмассовых прессформ для литья по выплавляемым моделям. В сб. «Изготовление и применение технологической оснастки из пластмасс». М., НИИМАШ, с. 47.

Шуб И. Е., Сорокин Л. В. Точное литье по выплавляемым моделям. Изд. 2-е. М., «Машиностроение», 1968.

Полимеры в литейном производстве. Материалы семинара. МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1969.

Производство отливок по пенополистироловым моделям. М., НИИМАШ, серия «Технология литейного производства», 1966.

К главе II

Бобряков Г. И., Грицкевич Л. Ф. Стержневые смеси на основе фенолоспирта для изготовления стержней в горячих ящиках. «Литейное производство», 1970, № 5, с. 6.

Гуляев Б. В., Кривицкий В. С. Технологические свойства формовочных смесей. В сб. «Технологические свойства формовочных смесей». М., «Наука», 1968, с. 7.

Зильберман Е. Г., Седов Л. Н., Шаганова М. Н. Применение пропиточных полиэфирных смол для герметизации металлических отливок. В сб. «Полимеры в литейном производстве». МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1969, с. 146.

Клецкин Г. И., Пикман Р. Г. Пластичные самотвердеющие смеси на основе жидкого стекла. «Литейное производство», 1970, № 6, с. 3.

Лясс А. М. Быстротвердеющие формовочные смеси. М., «Машиностроение», 1965, с. 332.

Лясс А. М. Состояние и перспективы развития технологии изготовления форм и стержней в СССР. «Литейное производство», 1970, № 4, с. 11.

Матусевич И. С. Керамические формы из огнеупорных окислов. «Литейное производство», 1970, № 6, с. 1.

Озеров В. А., Муркина А. С. Перспективы применения этилсиликата-50 в производстве точных отливок. В сб. «Полимеры в литейном производстве», МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1969, с. 58.

Прогрессивные методы литья в песчаные формы. ЛДНТП, 1967.

Просяник Г. В., Пуховицкая А. Н., Никишина Э. И. Исследование новых синтетических связующих. В сб. «Полимеры в литейном производстве», МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1969, с. 3.

Семирханова Н. Т., Малахов А. И. Фосфаты алюминия как связующие материалы. «Литейное производство», 1970, № 6, с. 36.

Соколов Н. А. Литье в оболочковые формы. М., «Машиностроение», 1969.

Соколова В. А., Сорокина А. А. Быстротвердеющие синтетические связующие для изготовления литейных стержней и форм. В сб. «Полимеры в литейном производстве». МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1969, с. 10.

Степанов А. А. Качество и пути повышения эффективности применения формовочных кварцевых песков. ЛДНТП. 1970.

Тананин А. Н. Разработка и внедрение новых синтетических связующих материалов в литейном производстве. В сб. «Полимеры в литейном производстве». МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1969, с. 16.

Тананин А. Н., Балийский В. Р. Универсальный синтетический крепитель УСК-1. «Литейное производство», 1970, № 2, с. 13.

Шкленник Я. И., Карепин Л. П., Касторной Н. А. Некоторые свойства связующих растворов оксинитрата алюминия. «Литейное производство», 1968, № 4, с. 4.

Шкленник Я. И. Классификация связующих растворов этилсиликата. «Литейное производство», 1970, № 5, с. 2.

К главе III

Давыдов Н. И. Применение синтетических смол в составах литейных противопригарных покрытий. В сб. «Полимеры в литейном производстве». МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1969, с. 86.

Каганов И. Р., Сычев М. М., Комлев В. Г. Покрытие, стойкое в расплавах цветных металлов. «Литейное производство», 1970, № 1, с. 24.

Кузьмин Н. Н. Использование органо-минеральных материалов в качестве связующих для литейных красок. В сб. «Полимеры в литейном производстве». МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1969, с. 80.

Ткаченко К. М., Кемлер Л. Ф., Давыдов Н. И., Балясникова Г. С. Противопригарные покрытия для форм и стержней. М., «Машиностроение», 1968.

К главе IV

Виноградова И. Э. Противоизносные присадки к маслам. М., «Химия», 1972.

Исагулянц В. И. Присадки к маслам. М., «Химия», 1966.

Клушин М. И. Смазочно-охлаждающие жидкости при резании металлов и техника их применения. М.—Л., Машгиз, 1961.

Кокрофт М. Г. Смазка в процессах обработки металлов давлением. Пер. с англ. М., «Металлургия», 1970.

Матвеевский Р. М. Температурная стойкость граничных смазочных слоев и твердых смазочных покрытий. М., «Наука», 1971.

Ошер Р. Н. Изготовление и применение смазочно-охлаждающих жидкостей. М., Гостехиздат, 1950.

Панкин А. В., Бурдов Д. Н. Изготовление и применение новых смазочно-охлаждающих жидкостей. М., «Машиностроение», 1964.

Сентюрихина Л. Н., Опарина Е. М. Твердые дисульфидмолибденовые смазки. М., «Химия», 1967.

Тимофеев П. В. Смазочно-охлаждающие жидкости, применяемые при резании металлов. Киев, Машгиз, 1960.

Худобин Л. В. Смазочно-охлаждающие средства, применяемые при шлифовании. М., «Машиностроение», 1971.

Чертавских А. К., Волосевич В. К. Трение и технологическая смазка при обработке металлов давлением. М., «Металлургия», 1968.

К главе V

Васин А. В., Крылов Ю. И. Получение сквозных отверстий на деталях из алюминия и его сплавов методом контурного травления. ЛДНТП, 1956.

Вишницкий А. Л. Размерная электрохимическая обработка. Библиотека электротехнолога, вып. 3, с. 5—116. Л., «Машиностроение», 1971.

Головачев В. А., Петров Б. И., Филимошин В. Г., Шманев В. А. Электрохимическая размерная обработка деталей сложной формы. М., «Машиностроение», 1969.

Дедков В. М. Опыт применения электрохимической размерной обработки. ЛДНТП, 1967.

Мороз И. И., Алексеев Г. А., Водяницкий О. А. и др. Электрохимическая обработка металлов. М., «Машиностроение», 1969.

Новое в электрохимической размерной обработке металлов. Сб. под ред. Ю. Н. Петрова. Кишинев, «Штиинца», 1972.

Попилов Л. Я. Справочник по электрическим и ультразвуковым методам обработки материалов. Изд. 2-е, Л., «Машиностроение», 1971.

Студенский Е. И., Богатырев В. И., Кадышев Н. Т. Электроалмазное шлифование. М., «Машиностроение», 1971.

К главе VI

Бирюкова В. Н. Охлаждающая способность расплава солей и щелочей, содержащих воду. «Металловедение и термическая обработка металлов», 1967, № 11, с. 58.

Гринберг Б. Г., Иващенко Т. М. Лабораторный практикум по металловедению и термической обработке. Изд. 2-е. М., «Высшая школа», 1968.

Золотухин Н. М. Нагрев и охлаждение металла. М., «Машиностроение», 1973.

К главе VII

Кипарисов С. С., Левинский Ю. В. Азотирование тугоплавких металлов. М., «Металлургия», 1972.

Криулин А. В. Сульфоцианирование стали и чугуна. М., «Машиностроение», 1965.

Рябов В. Р. Алитирование стали. М., «Металлургия», 1973.

Прогрессивные методы термической и химико-термической обработки. Под ред. Ю. М. Лахтина. М., «Машиностроение», 1972.

Силицирование металлов и сплавов. Под ред. Л. С. Ляховича. Минск. «Наука и техника», 1972.

Фрикционные механизмы с сульфоцианированными парами трения. Под ред. А. В. Криулина. Л., «Машиностроение», 1972.

К главе VIII

Петров В. Н. Сварка и резка нержавеющих сталей. Изд. 2-е. Л., «Судостроение», 1970.

Петров Г. Л. Сварочные материалы. Л., «Машиностроение», 1972.

Походня И. К., Суптель А. М., Шлепаков В. Н. Сварка порошковой проволокой. Киев, «Наукова думка», 1972.

Хренов К. К. Сварка, резка и пайка металлов. Изд. 4-е. М., «Машиностроение», 1973.

Теоретические основы сварки. Под ред. В. В. Фролова. М., «Высшая школа», 1970.

К главе IX

Андреев В. В. Свинцовопаяльные работы. М., Стройиздат, 1972.

Гржимальский Л. Л. Самофлюсующие припои. ЛДНТП, 1972.

Есенберлин Р. Е. Пайка и термическая обработка в газовой среде и вакууме. Л., «Машиностроение», 1972.

Китаев А. М., Губин А. И. Сварка и пайка тонкостенных трубопроводов. Изд. 2-е. М., «Машиностроение», 1972.

Петрунин И. Е. Физико-химические процессы при пайке. М., «Высшая школа», 1972.

Петрунин И. Е. Пайка металлов. Изд. 2-е. М., «Металлургия», 1973.

Преснов В. А. и др. Керамика и ее спаи с металлом в технике. М., Атомиздат, 1969.

Пайка в машиностроении. Сборник. Части I, II. МДНТП им. Ф. Э. Дзержинского, 1967.

К главе X

Волков С. С. Сварка и склеивание пластмасс. М., «Машиностроение», 1972.

Дятлова В. П. Клеи для полимерных отделочных материалов в строительстве. М., Стройиздат, 1968.

Капелюшник П. П., Михалев И. И., Эйдельман Б. Д. Технология склеивания деталей в самолетостроении. М., «Машиностроение», 1972.

Кардашов Д. А. Синтетические клеи. М., «Химия», 1968.

Кардашов Д. А. Эпоксидные клеи. М., «Химия», 1973.

Лебедев Г. А. Напыление, сварка, склеивание. Л., «Химия», 1973.

Лотар Димтер. Клеевые вещества для пластиков. Пер. с нем. М., «Легкая индустрия», 1970.

Темкина Р. З. Синтетические клеи в деревообработке. Изд. 2-е. М., «Легкая промышленность», 1971.

Фрейдин А. С. Прочность и долговечность клеевых соединений. М., «Химия», 1971.

Хрулев В. М. Синтетические клеи и мастики (применение в строительстве). М., «Высшая школа», 1970.

Шавырин В. Н., Андреев Н. Х., Ицкович А. А. Клеемеханические соединения в технике. М., «Машиностроение», 1968.

К главе XI

Соломатов В. И. Полимерцементные бетоны и пластбетоны. М., Изд-во по строительству, 1967.

Тареев Б. М. и др. Герметизация полимерными материалами в радиоэлектронике. М., «Энергия», 1974.

Черняк К. И. Эпоксидные компаунды и их применение. Л., «Судостроение», 1967.

Черняк К. И. Неметаллические материалы в судовой электро- и радиотехнической аппаратуре. Изд. 2-е. Л., «Судостроение», 1970.

Эрлих И. М. Эпоксидно-тиоколовые композиции для герметизации элементов электронной техники. ЛДНТП, 1968.

К главе XII

Ипполитов Г. М. Абразивно-алмазная обработка. М., «Машиностроение», 1969.

Терган В. С., Либерман Б. С. Плоское шлифование. М., «Высшая школа», 1969.

Тульпа С. М. Резьбошлифовальные работы. Изд. 2-е. М., «Высшая школа», 1973.

Шальнов В. А. Шлифование и полирование высокопрочных материалов. М., «Машиностроение», 1972.

Справочная книга по отделочным операциям в машиностроеиии. Под ред. И. Г. Космачева. Лениздат, 1968.

К главе XIII

Грилихес С. Я. Полирование, травление и обезжиривание металлов. М., «Машиностроение», 1971.

Гуренко В. Д., Файнштейн В. М. Травление полос и листов в соляной кислоте. М., «Металлургия», 1971.

Луфт Б. Д., Шустина А. Л. Очистка деталей электронных приборов. М., «Энергия», 1968.

Маргулова Т. Х. Применение комплексонов в теплоэнергетике. М., «Энергия», 1973.

Маслов Н. Н., Плутов В. И. Прогрессивные способы очистки деталей. ЛДНТП, 1971.

Попилов Л. Я. Физико-химические основы ультразвуковой очистки. ЛДНТП, 1966.

Спринг С. Очистка поверхности металлов. Пер. с англ. М., «Мир», 1966.

Фищман И. Р. Электрохимическая очистка отливок от пригара и окалины. М., НИИИНФОРМТЯЖМАШ, 1967.

Ямпольский А. М. Травление рассеянных, благородных и редких металлов. ЛДНТП, 1972.

Современные методы подготовки поверхности металлов под покрытие. Материалы семииара 5/VII 1971 г. ЛДНТП, 1971.

Травление и обезжиривание труб из сталей и сплавов. Сборник. М., «Металлургия», 1967.

К главе XIV

Барр А., Оливер Д. Электрохимическая обработка. Пер. с англ. М., «Машиностроение», 1973.

Богоявленская Н. В. Электрохимическая полировка труб. М., «Машиностроение», 1962.

Черепанов Ю. П., Самецкий Б. И. Электрохимическая обработка в машиностроении. М., «Машиностроение», 1972.

Новое в электрофизической и электрохимической обработке металлов. Под ред. Л. Я. Попилова. Л., «Машиностроение», 1972.

Электрохимическая обработка металлов. Под ред. И. И. Мороза. М., «Машиностроение», 1969.

Электрохимическая обработка металлов. Под ред. Ю. Н. Петрова. Кишинев, «Штиинца», 1971.

К главе XV

Ротрекл Б., Дитрих З., Тамхина И. Нанесение металлических покрытий на пластмассы. Пер. с чеш. Л., «Химия», 1968.

Шалкаускас М., Вашкялис А. Химическая металлизация пластмасс. Л., «Химия», 1972.

Металлические и неметаллические покрытия легких металлов и сплавов. Материалы семинара (июнь 1972 г.). МДНТП, 1972.

Печатные схемы в приборостроении, вычислительной технике и автоматике. Под ред. А. Т. Белевцева. М., «Машиностроение», 1973.

К главе XVI

Богданов С. Н. и др. Свойства рабочих веществ, теплоносителей и материалов, используемых в холодильной технике. Л., Изд-во Лен. гос. университета, 1972.

Комаров Н. С. Справочник холодильщика. Изд. 2-е. М., Машгиз, 1962.

Курылев Е. С., Герасимов Н. А. Холодильные установки. М., «Машиностроение», 1970.

Микулин Е. И. Криогенная техника. М., «Машиностроение», 1969.

Томановская В. Ф., Колотова Б. Е. Фреоны, свойства и применение. Л., «Химия», 1970.

К главе XVII

Вайнер Я. В., Дасоян М. А. Технология электрохимических покрытий. Изд. 2-е. Л., «Машиностроение», 1972.

Виткин А. И., Тейндл И. И. Металлические покрытия листовой и полосовой стали. М., «Металлургия», 1971.

Вячеславов П. М. Новые электрохимические покрытия. Лениздат, 1972.

Грачева М. П. Гальванотехника при изготовлении предметов бытового назначения. М., «Легкая индустрия», 1970.

Лайнер В. И. Современная гальванотехника. М., «Металлургия», 1967.

Молчанов В. Ф. Скоростиое хромироваиие. Киев, «Техніка», 1965.

Сайфулин Р. С. Комбинированные электрохимические покрытия и материалы. М., «Химия», 1972.

Металлические и неметаллические покрытия легких металлов и сплавов. Материалы семинара (июнь 1972 г.). МДНТП, 1972.

Металлические и неметаллические покрытия легких металлов и сплавов. Ч. 1. Материалы к семинару. ЛДНТП, 1970.

Справочное руководство по гальванотехнике. ч. I. Пер. с нем. Под ред. В. И. Лайнера. М., «Металлургия», 1972.

Справочник по гальванотехнике. Пер. с англ. Под ред. В. И. Лайнера. М., «Металлургия», 1967.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Лев Яковлевич Попилов

СОВЕТЫ ЗАВОДСКОМУ ТЕХНОЛОГУ

Справочное пособие

Научный редактор И. М. Альшиц. Редактор С. И. Борщевская. Художник Б. А. Комаров. Художественный редактор И. З. Семеицов. Технический редактор А. В. Семенова. Корректоры В. М. Альфимова, Н. Г. Ковенская.

Сдано в набор 19/X 1974 г. Подписано к печати 4/VI 1975 г. М-26254. Формат 70×108[1]/[16]. Бумага. тип. № 3. Усл. печ. л. 23,10. Уч.-изд. л. 33,36. Тираж 100 000 экз. Заказ № 947. Цена 1 р. 91 к.

Лениздат, 191023, Ленинград, Фонтанка, 59. Ордена Трудового Красного Знамени типография им. Володарского Лениздата, 191023, Ленинград, Фонтанка, 57.